

UCH-FC
Q. Ambiental
R 934
C. 1



FACULTAD DE CIENCIAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

**“PROPUESTA DE PLAN DE MUESTREO PARA SITIOS CONTAMINADOS
CON DIOXINAS Y FURANOS, ASOCIADOS AL USO DE
PENTACLOROFENOL EN ASERRADEROS”**

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

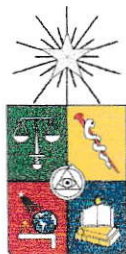
Químico Ambiental

Francisco Antonio Ruiz Fernandes



Director de Seminario de Título: Sra. Alejandra Salas
Profesor Patrocinante: Mag. Julio Hidalgo

Septiembre de 2009
Santiago - Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

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

FRANCISCO ANTONIO RUIZ FERNANDES

**“PROPUESTA DE PLAN DE MUESTREO PARA SITIOS CONTAMINADOS
CON DIOXINAS Y FURANOS, ASOCIADOS AL USO DE
PENTAFLUOROFENOL EN ASERRADEROS”**

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

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Sra. Alejandra Salas
Director Seminario de Título

Una firma manuscrita en azul sobre una línea horizontal.

Mag. Julio Hidalgo
Profesor Patrocinante

Una firma manuscrita en azul sobre una línea horizontal.

M. Cs. Sylvia Copaja
Corrector

Una firma manuscrita en azul sobre una línea horizontal.

M. Cs. Héctor Bravo
Corrector

Una firma manuscrita en azul sobre una línea horizontal.



Santiago de Chile, septiembre de 2009



Nacido en Brasil un 19 de diciembre de 1984, en la ciudad de Sao Paulo. El tercer hijo de un total de cuatro, siendo el primer varón, lo que trajo mucha alegría a la familia. A la edad de 9 años, mi familia decide emigrar a Chile, pues mi padre es de dicho país, provocando un gran cambio en nuestras vidas.

Mis mejores recuerdos son de mi época de adolescencia, vivida básicamente en el INBA, un gran colegio tradicional de Santiago, ahí encontré a mis grandes amigos, y me formé como persona. Siempre un alumno aplicado y con mucho interés en el saber, aunque un tanto desordenado.

En el año 2003, ocurre otro gran cambio en mi vida, pues entro a la universidad, viviendo aquí muchos buenos y malos momentos, y más de alguna crisis vocacional, pero finalmente logrando hacer las cosas bien, lo que me indicó que encontré el camino, mi camino.



INDICE



	Página
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1.- Objetivos	5
II.- ANTECEDENTES GENERALES	6
2.1.- Problemas Ambientales Asociados al Sector Forestal	6
2.2.- Agentes Destructores de la Madera	7
2.3.- Aserraderos y Procesos de la Madera	8
2.3.1.- Procesos de Producción de la Madera	8
2.4.- Impactos Ambientales de Aserraderos	10
2.4.1.- Residuos Sólidos	10
2.4.2.- Residuos Líquidos	10
2.5.- Pesticidas Utilizados en la Protección de la Madera	11
2.5.1.- Pentaclorofenol	11
2.5.1.1.- Propiedades Físicas y Químicas del Pentaclorofenol y pentaclorofenato de sodio	12
2.5.1.2.- Impurezas del Pentaclorofenol	13
2.5.1.3.- Ingreso del Pentaclorofenol al medio ambiente	13
2.5.1.4.- Efecto en el Medio Ambiente	14
2.5.1.5.- Regulación para el Pentaclorofenol	16
2.6.- Dioxinas y Furanos	18
2.6.1.- Propiedades de Dioxinas y Furanos	19
2.6.2.- Producción de Dioxinas y Furanos	19

2.6.3.- Efecto y transporte en el medio ambiente	20
2.7.- Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes	21
2.8.- Sitios Contaminados	22
2.8.1.- Sitios Contaminados con Dioxinas, Furanos y Pentaclorofenol en Chile	23
2.8.2.- Gestión de Sitios Contaminados	23
2.8.2.1.- Política Nacional para la Gestión de Sitios Contaminados	24
2.9.- Muestreo de Sitios Contaminados	25
III.- PROCEDIMIENTO	26
3.1.- Propuesta para el Mecanismo de Degradación de Pentaclorofenol	26
3.2.- Propuesta de un Plan de Muestreo de Sitios Contaminados con Dioxinas, Furanos y Pentaclorofenol	26
3.3.- Evaluación de Métodos Analíticos Utilizados en la Determinación de Pentaclorofenol Dioxinas y Furanos	29
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.- Propuesta para el Mecanismo de Degradación del Pentaclorofenol	30
4.2.- Propuesta para Plan de Muestreo	34
4.2- A.- Análisis de Datos de Campaña de Terreno	34
4.2.B y C.- Análisis de Variables Elaboración de Plan de Muestreo	43
4.3.- Evaluación de métodos analíticos	57
V.- DISCUSIÓN GENERAL	60
VI.- CONCLUSIÓN	64
VII.- BIBLIOGRAFÍA	66



VIII.- ANEXOS	71
ANEXO I: CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SITIOS CONTAMINADOS	72
I.A: Evaluación de Sitios	72
I.B: Muestreo de Sitios Contaminados	73
ANEXO II: FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN	85
II.A: Ficha de Inspección N° 12	85
II.B: Ficha de Inspección N° 17	93
II.C: Ficha de Inspección N° 31	100
ANEXO III: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS EN ASERRADERO C (TRANSCRITOS)	107
III.A: Análisis Físicoquímico Agua Red Pública	107
III.B: Análisis Físicoquímico de Aguas de Pozo	108
III.C: Análisis Físicoquímico de Aguas de Pozo	109
III.D: Análisis Físicoquímico de Aguas de Puntera	110
ANEXO IV: MÉTODOS ANALÍTICOS	111
IV.A.- Cromatografía de Gases	111
IV.B.- Espectrometría de Masas	113
IV.C.- Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas	114
ANEXO V: GUÍA PARA EL MUESTREO DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON PCP, PCDD Y PCDF	115



INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Propiedades Físicas y Químicas del Pentaclorofenol	12
Tabla 2: Resumen de aserraderos visitados	34
Tabla 3: Período de Duración de las Visitas a Terreno por Región	34
Tabla 4: Localización, Estado y Contaminación de Aserraderos	35
Tabla 5: Características y Descripción General de Componentes Ambientales de Aserraderos.	36
Tabla 6: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Suelos	51
Tabla 7: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Aguas	54
Tabla 8: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Sedimentos	56
Tabla 9: Métodos de Análisis para los distintos Parámetros por Matriz	57



INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Estructura Química de las Moléculas	2
Figura 2: Origen, Movimiento y Distribución del Pentaclorofenol y sus Residuos en el Medio Ambiente	14
Figura 3: Mecanismo de Degradación del Pentaclorofenol	30
Figura 4: Estructura de la Lignina	31
Figura 5: Mecanismo de Reacción del Triclorofenol	32
Figura 6: Mecanismo de Formación de Tetraclorodibenzofuranos	32
Figura 7: Mecanismo de Formación de Tetraclorodibenzodioxinas	33
Figura 8: Imágenes Captadas en Terreno de Aserradero A	39
Figura 9: Imágenes Captadas en Terreno de Aserradero B	41
Figura 10: Imágenes Captadas en Terreno de Aserradero C	42
Figura 11: Esquema de muestreo	75
Figura 12: Barrenos y Muestreadores Cilíndricos Utilizados para Extraer Muestras de Suelo	78
Figura 13: Muestreadotes de Sedimentos	84
Figura 14: Esquema General del Sitio de un Aserradero	116



LISTA DE ABREVIATURAS

- COP's: Compuestos Orgánicos Persistentes
- DICTUC: Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile
- ECD: Detector de Captura de Electrones
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global
- HCB: Hexaclorobenceno
- HRGC: Cromatografía de Gases de Alta Resolución
- HRMS: Espectrometría de Masas de Alta Resolución
- LiP: Lignino Peroxidasa
- LRMS: Espectrometría de Masas de Baja Resolución
- OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
- OTAN: Organización del Tratado del Atlántico del Norte
- PCB's: Bifenilos Policlorados
- PCDD: Policlorodibenzodioxina
- PCDF: Policlorodibenzofurano
- PCP: Pentaclorofenol
- PNI: Plan Nacional de Implementación Para la Gestión de los COP's en Chile
- PNUMA: Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente
- TCDD: Tetraclorodibenzodioxina
- TCDF: Tetraclorodibenzofurano
- TEF: Factor de Equivalencia Tóxica
- TEQ: Concentración Tóxica Equivalente

RESUMEN

La degradación del PCP, puede tener dos posibles vías. Por medio de la enzima LiP, actuando el pentaclorofenol como sustrato extracelular, en conjunto con hongos lignolíticos. También por medio de la radiación solar.

El PCP se degrada a triclorofenol, este mediante reacciones radicalarias dará origen a los precursores de PCDD y PCDF, ya sea por pérdida del un átomo de cloro, o de un grupo -OH respectivamente. El intermediario pierde un hidroxilo y cloro gaseoso formando 2,4,6,8 TCDF, 2,4,6,8 y 1,3,6,8 TCDF, dependiendo de la posición de la sustitución. Si se pierde átomo de cloro en la reacción del triclorofenol con su radical, el intermediario puede formar 1,3,6,8 TCDF liberando el -OH. Este intermediario conduce a la formación de dioxinas, debido a la atracción del protón por la nube electrónica del átomo de cloro próximo.

Para los aserraderos A, B y C, la única fuente de contaminación es la actividad industrial, la granulometría del suelo es gruesa, fina y pedregosa respectivamente, la vegetación predominante es la especie *Pinus Radiata*. Los aserraderos A y B se encuentran en las planicies litorales donde se desarrollan suelos Ultisols. El aserradero C, se ubica en la depresión intermedia, donde existen suelos constituidos por cenizas o arenas volcánicas. Se encuentran próximos a aguas subterráneas, contando con pozos de extracción, y a aguas superficiales, siendo del tipo laguna, estero y canal para los aserraderos A, B y C, respectivamente.

El estudio de las características generales del sector se obtuvo con el análisis de las fichas Básica de Inspección de Terreno. El objetivo principal del muestreo es coleccionar muestras representativas, para determinar la presencia de los contaminantes.

Para los tres aserraderos, el tipo de muestreo seleccionado para suelos es el aleatorio estratificado, ya que, los sitios se consideran como áreas heterogéneas en materia de distribución espacial de contaminantes, existe la presencia en forma general de una zona de acopio, zona de depósito del aserrín y zona de baño antimancha. Se tomarán 15, 10 y 15 muestras para los aserraderos A, B y C, respectivamente los que están divididos en 3, 2 y 3 estratos. Estas muestras son del tipo simple, ya que se quiere saber la concentración actual de los contaminantes en el suelo. Tendrán un tamaño entre 0,5 – 1,0 kg, por si se requiere caracterización química y física del suelo. Se muestreará la capa superficial y sub-superficial, para poder determinar la concentración y migración de los contaminantes; colocando las muestras en bolsas plásticas selladas herméticamente, y se refrigerará a 4 °C.

Para el muestreo de agua, los métodos y equipos varían si se trata de aguas en movimiento o aguas detenidas. El tipo de muestreo para los aserraderos A y B es el aleatorio simple, sólo para asegurar la presencia de contaminantes. Para el aserradero C, es sistemático, pues existe evidencia de la contaminación, estableciendo las concentraciones canal arriba y canal abajo. Se tomarán 5 muestras compuestas para establecer la presencia y distribución de los contaminantes; tendrán un volumen de 1 L, por si se requieren otros análisis fisicoquímicos. Para el estero y el canal, la muestra se tomará en un punto medio de la corriente principal y donde la velocidad sea máxima; para la laguna se tomará muestras a distintas profundidades, ya que, en estos casos se produce un fenómeno llamado “turn over”. Se debe asegurar sellar bien la tapa de la botella e introducirla en la hielera a 4°C. Los aserraderos A, B y C poseen pozos de extracción de aguas, donde se tomarán muestras del tipo integrado con botellas lastradas, las que poseen apertura controlada.

Para el muestreo de sedimentos, el tipo seleccionado es el aleatorio simple para los aserraderos A y B, por lo que cada punto de muestreo tendrá la misma probabilidad de ser seleccionado. Para el aserradero C el muestreo es sistemático, para poder evaluar los sedimentos que se encuentran cercanos a los puntos de muestreo de aguas, y evaluar el transporte de contaminantes por la columna de agua. Las 5 muestras serán del tipo simple y de un tamaño de 0,5 kg, lo que es suficiente para determinar tanto la presencia de contaminantes, como otros parámetros fisicoquímicos. Serán colectadas con muestreadores cilíndricos, los que son útiles para coleccionar material con fines comparativos de la distribución de un plaguicida.

Para determinar la concentración de los contaminantes, se seleccionó la metodología basada en cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (GC/HRMS). Las principales etapas son: a) Extracción, donde se busca recuperar de forma cuantitativa las dioxinas y furanos contenidos en las muestras, b) Purificación, donde el objetivo es la eliminación de compuestos que pueden interferir, y c) Análisis y cuantificación, donde ocurre la separación de las diferentes dioxinas y furanos para su posterior determinación de la concentración.

ABSTRACT

The degradation of PCP, may have two possible routes. Through Lip enzyme, acting the pentachlorinated as extracellular substrate, together with lignolíticos fungi. Also by solar radiation.

The PCP is degraded to trichlorophenol, through radicals reactions giving the origen to precursors of PCDD and PCDF, either by loss of a chlorine atom or a -OH group respectively. The intermediary loses a hydroxyl and chlorine gas to form 2,4,6,8 TCDF, 2,4,6,8 and 1,3,6,8 TCDF, depending on the position of substitution. If you lose a chlorine atom in the reaction of its radical trichlorophenol, the intermediary can form 1,3,6,8-TCDF releasing -OH. This intermediate leads to the formation of dioxins due to the attraction of the proton for the electronic cloud of the nearest chlorine atom.

To sawmillers A, B and C, the only source of pollution is industrial activity, the fineness of the soil is thick, thin and stony, respectively, the predominant vegetation is the species *Pinus Radiata*. Sawmills A and B are in the coastal plains where soils are Ultisols. The sawmill C is located in the central depression, where the soil is formed by volcanic ash and sand. Are close to groundwater, with extraction wells, and surface waters, being the type lagoon, estuaries and canal for sawmillers A, B and C, respectively.

To obtain good results in a sampling, should be: realize a preliminary study; define the objective; select the type of sampling; type, size and location of samples; materials and tools; and stablish transportation and preservation of them. The sampling protocol was performed by separating the environmental compartments.

The study of the general characteristics of the sector was obtained with the analysis of the Basic tab of Field inspection. The main objective of sampling is to collect representative samples for determine the presence of contaminants.

For the three sawmillers, the type selected for soil sampling is stratified random, since the sites are considered as heterogeneous areas in terms of spatial distribution of contaminants, there is the presence in general form of a accumulation zone, storage area of sawdust and anti bathing spot. It will take 15, 10 and 15 samples for the sawmill A, B and C, respectively, which are divided into 3, 2 and 3

layers. These samples are characterized as simple as it wants to know the actual concentration of pollutants in soil. Will have a size between 0.5 - 1.0 Kg, if required chemical and physical characterization of the soil. It will take a sample of the surface and sub-surface, to determine the concentration and migration of contaminants; by placing the samples in hermetically sealed plastic bags, and chilled to 4 ° C.

For water sampling, the methods and equipment vary whether it is moving water or water in detention. The type of sampling for sawmills A and B is the simple random, just to ensure the presence of contaminants. For the sawmill C, is systematic, as there is evidence of pollution, concentrations established channel up and down. 5 composite samples will be taken to establish the presence and distribution of contaminants; will have a volume of 1 L, if required by other physicochemical analysis. For the channel and the estuary, the sample will be taken in the middle of the mainstream and where will be maximum speed; to the lagoon will be taken samples at different depths, since in these cases there is a phenomenon called "turn over". Be sure to seal the cover of the bottle and place it in the cooler at 4°C. Sawmills A, B and C have water extraction wells, where will be taken samples of the type integrated with weighted bottles, which have controlled opening.

For the sampling of sediment, the type selected is the simple random for the sawmills A and B, so each sample point has the same probability of being selected. For the sawmill C is systematic sampling, to assess the sediment that are near the water sampling points, and evaluate the transport of contaminants in the water column. The 5 samples are type simple and a size of 0.5 Kg which is sufficient to determine the presence of contaminants, and other physicochemical parameters. Will be collected with cylindrical samplers, which are useful for collecting material for comparative purposes of the distribution of a pesticide.

To determine the concentration of pollutants, the methodology was selected based on gas chromatography coupled to mass spectrometry for high-resolution (GC/HRMS). The main steps are: a) Extraction, which seeks to recover quantitatively dioxins and furans contents in the samples, b) Purification, where the objective is the elimination of compounds that may interfere, and c) Analysis and quantification, where it occurs separation of the different dioxins and furans for later determination of the concentration.

**PROPUESTA DE PLAN DE MUESTREO PARA SITIOS CONTAMINADOS
CON DIOXINAS Y FURANOS, ASOCIADOS AL USO DE
PENTACLOROFENOL EN ASERRADEROS**

I.- INTRODUCCIÓN

La industria forestal se ha transformado en uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, situándose como el segundo rubro más importante después del cobre, donde las principales exportaciones tienen como destino Estados Unidos y China, las cuales durante el año 2007 se incrementaron en un 27,3 % con respecto al año anterior, según el Instituto Forestal.

Existe actualmente en el país una cantidad superior a 1.500 aserraderos, los cuales poseen distintos tamaños y niveles tecnológicos, principalmente ubicados en las regiones del Maule, Bío-Bío, Araucanía de Los Ríos y Los Lagos.

Teniendo en cuenta que todo crecimiento económico trae consigo algún impacto en el medio ambiente, y que éste puede generar problemas de alcance mayor, existe en la actualidad una preocupación de diversos sectores sobre la materia, dentro de los cuales es posible encontrar algunos sectores de gobierno, organizaciones no gubernamentales, organizaciones internacionales, comunidades, entre otros. Consecuentemente, existe una tendencia al establecimiento de regulaciones que permiten preservar el medio ambiente, mitigar los posibles impactos ambientales y/o reparar los daños ocasionados.

En los aserraderos la temática ambiental está dirigida hacia el manejo de residuos sólidos y líquidos, tales como, aserrín, viruta, polvo de madera, borras contaminadas por el uso de pesticidas y residuos líquidos de humectación de trozas.

La madera está expuesta al ataque de distintos agentes biológicos, como hongos, insectos, etc. Con el propósito de preservarla, aumentando su vida útil y manteniendo sus cualidades estéticas, se utilizan plaguicidas, siendo uno de los mayormente empleados el fungicida *pentaclorofenol*, el cual fue suspendido (Res. 2226/1999) y luego prohibido (Res. 78/2004) por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

El pentaclorofenol, es un compuesto organoclorado de muy alta toxicidad, resistente y móvil, por lo que puede difundirse en todo tipo de medio. Actúa como desacoplador de la fosforilación oxidativa, siendo altamente peligroso para los seres vivos terrestres y acuáticos. Es un producto químicamente estable, si se calienta a temperaturas cercanas a su punto de fusión y en presencia de agua, se descompone con emisión de ácido clorhídrico. Se obtiene industrialmente por cloración catalítica del fenol. En su proceso de degradación actúa como precursor de policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos, los cuales forman parte del grupo llamado compuestos orgánicos persistentes (COP's), los cuales también son de alta estabilidad frente a la degradación, por lo que tienden a acumularse, persistiendo inalterados por mucho tiempo.

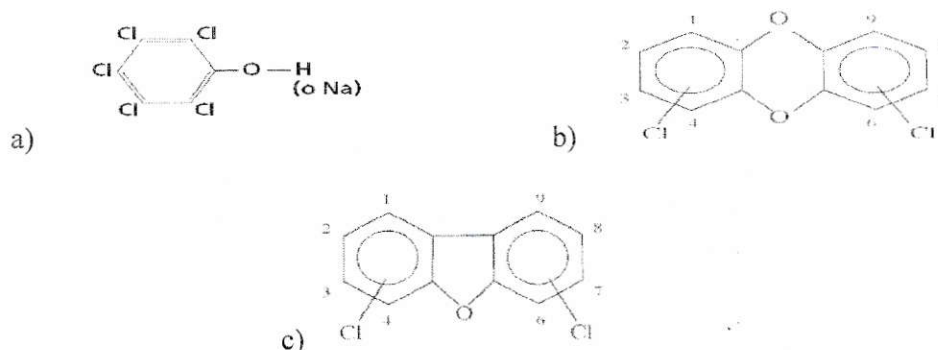


Figura 1: Estructura química de las moléculas: a) pentaclorofenol, b) policlorodibenzodioxina, c) policlorodibenzofurano.

El mal uso de este plaguicida pudo haber causado a lo largo del tiempo importantes liberaciones de estos contaminantes al medio ambiente, por aserrines contaminados, borras residuales del proceso de baño que evita la mancha azul o residuos industriales líquidos, generando un número importante de sitios con presencia de estos contaminantes.

Por su parte, el SAG realizó un estudio en las regiones del Maule, Bío- Bío y Araucanía en el año 1999, donde se evidenció presencia de dioxinas, furanos y pentaclorofenol en muestras de aguas superficiales y subterráneas tomadas dentro de varios predios en los cuales operaban aserraderos, como también en muestras de aserrín en los alrededores de baños antimanchas.

Con esta información, las autoridades predicen que no es una situación particular, si no mas bien, ésto puede repetirse en los otros aserraderos que no fueron muestreados.

Actualmente en Chile no existe una normativa que regule expresamente la gestión de los sitios contaminados, ni un procedimiento estándar respecto de cuándo y cómo intervenir para la gestión de estos sitios; solamente se pueden encontrar normas sectoriales, las que permiten realizar un procedimiento para controlar sus riesgos. Aunque los organismos de la Administración del Estado poseen mecanismos administrativos que permiten ordenar acciones de control y regular las acciones voluntarias de gestión de sitios contaminados, sus facultades e instrumentos para proteger la salud de la población son muy distintas de las establecidas para los recursos naturales.

Se debe investigar y determinar cuáles son los sitios potencialmente contaminados, evaluando cuáles son las actividades que pueden provocar impactos

ambientales y si éstos pueden presentar un riesgo para receptores sensibles. Lo anterior, con el fin de identificar estos impactos y caracterizar la naturaleza y alcance de éstos, así como para proveer información que permita cuantificar los riesgos para el ser humano y el ambiente, y de este modo apoyar la selección e implementación de opciones de remediación adecuadas.

Para esto, se deben definir los objetivos de calidad de los datos, así como también las técnicas más adecuadas para la recopilación y el análisis de la información en el sitio, donde se incluye: el tamaño de la muestra, tipo de muestras, ubicaciones de las muestras, tecnologías para su recolección, procedimientos de obtención de muestras, contenedores, preservación y manipulación de las de muestras, métodos analíticos, y protocolos de garantía y control de la calidad.

Con los resultados del muestreo y análisis, es posible determinar si existe una amenaza potencial para la salud humana y/o el medio ambiente como consecuencia de la contaminación del sitio.

En este estudio se realizó una propuesta para el plan de muestreo de sitios con presencia de dioxinas y furanos, asociados al uso de pentaclorofenol en aserraderos desde la Región del Maule a la Región de Los Lagos, la cual permita la elaboración de un procedimiento estandarizado, de modo de hacer comparables los resultados y mejorar las prácticas de uso; además de aportar con insumos técnicos en el Plan de Acción de Sitios Contaminados con COPs, enmarcado dentro del Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los COPs en Chile (PNI), para cumplir con el Convenio de Estocolmo.

Además se elaboró una propuesta para un posible mecanismo de degradación del pentaclorofenol para originar las dioxinas y furanos.

1.1.- OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar una propuesta de un Plan de Muestreo de Sitios Contaminados con Dioxinas y Furanos, asociados al uso de Pentaclorofenol en aserraderos desde la Región del Maule a la de Los Lagos.

Objetivos Específicos

- i) Proponer un posible mecanismo de degradación para el pentaclorofenol, mediante un estudio bibliográfico.
- ii) Realizar un análisis de datos obtenidos en campaña de terreno.
- iii) Proponer un procedimiento documentado para el muestreo de sitios contaminados con dioxinas, furanos y pentaclorofenol, identificando las etapas y tecnologías para el muestreo de dichos sitios y asegurando la calidad de éstas.
- iv) Evaluar los métodos analíticos utilizados para la determinación de pentaclorofenol, dioxinas y furanos.

II.- ANTECEDENTES GENERALES

2.1.- Problemas Ambientales Asociados al Sector Forestal

En el sector forestal, al igual que en los demás sectores de producción, Chile debe producir respetando las disposiciones destinadas específicamente a la protección del medio ambiente tanto nacional como global, de eventos de contaminación. Junto con esto, los países importadores exigen ciertas condiciones en los productos que reciben con el objetivo de proteger sus recursos, combinando los factores medioambientales con factores económicos y comerciales. (Problemas Ambientales Sector Agrícola y Forestal, Informe CONAMA, 1991)

A medida que avanza el tiempo, también avanzan las restricciones o exigencias ambientales, con lo cual aumentan las barreras para el crecimiento, sobre todo para los países en vías de desarrollo como el nuestro. Por lo tanto las capacidades técnicas deben crecer y estar acorde a dichas exigencias para que el desarrollo sea amigable con el medio ambiente.

Los principales impactos ambientales asociados al sector forestal son:

- Erosión de suelo y desertificación (sector silvoagropecuario);
- Contaminación atmosférica;
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas;
- Uso inadecuado de fertilizantes, plaguicidas agrícolas, preservantes y presencia de residuos; y
- Extinción de especies autóctonas y disminución de poblaciones de flora y fauna.

2.2.- Agentes Destructores de la Madera

La madera al poseer origen orgánico, es susceptible al deterioro por parte de agentes biológicos, como son los hongos, insectos, perforadores marinos, y bacterias. Los hongos son organismos de origen vegetal cuyo cuerpo fructífero está compuesto de células individuales conocidas como hifas, las que en conjunto conforman el micelio, el que suministra el alimento a través de la secreción de enzimas. (Manual del Grupo Andino, 1988)

Los hongos que dañan y degradan la madera son del tipo Lignívoro, pueden penetrar la madera cuando no está impregnada con algún producto protector. Cuando los hongos comienzan a degradar y destruir la madera, comienza el proceso de pudrición, perdiendo parte importante de sus propiedades. (Vicuña y col, 1994)

Entre los diversos tipos de manchas, aquellas que pueden penetrar la madera, son las que causan la mayor merma en su comercialización. La más común es la denominada mancha azul, causada por *Ceratocystis pilifera*. (M. Osorio, 1985)

Existen diversos factores que influyen en el ataque de hongos, estos son:

- a) Humedad: El contenido óptimo para el crecimiento de los hongos oscila entre 35 y 50 %. Bajo el 20 %, la madera no puede ser degradada.
- b) Temperatura: El crecimiento es óptimo entre 24 y 35 °C, aunque es posible entre los 3 y 42 °C.
- c) Oxígeno: Al ser organismos aeróbicos, necesitan una cantidad de aire superior al 20 % de su volumen.
- d) Alimento: En la porción externa de la madera existen proteínas, carbohidratos y lípidos. (Rodríguez B., Patología de la Madera, Madrid, 1988)

2.3.- Aserraderos y Procesos de la Madera

En Chile, la industria del aserrado se inició en el siglo XIX, con la inmigración alemana. Hasta mediados del siglo XX, el bosque se consideró como un recurso inagotable. Con la introducción del Pino se inicia un período industrial, llegando su producción al 90% de la madera aserrada. Esta industria se caracteriza por una alta atomización, heterogeneidad del tamaño de las plantas, tipo de tecnología utilizada y calidad de los productos finales. (Devlieger S. et al, 1999)

En el año 1988 se registraron 1545 aserraderos en el país, ya en el año 2000, un 66,9 % se encontraba operando; los restantes están paralizados debido a la falta de capital, carencia de abastecimientos, situaciones de quiebra, entre otras. Se pueden encontrar aserraderos móviles y permanentes. Las instalaciones del tipo móvil son predominantes (más del 74 %), caracterizadas básicamente por la búsqueda de materia prima y por operar frecuentemente con dificultades técnico-económicas, de abastecimiento y comercialización. Los permanentes, se caracterizan por tener algún grado de mecanización e infraestructura permanente. (CONAMA, 2000)

2.3.1.- Procesos de Producción de la Madera

Luego de la explotación de los bosques, la materia prima se acopia en el Patio de Trozas, el cual es un área amplia y despejada donde se descarga la materia prima en orden para los distintos procesos posteriores. Las trozas son transportadas a la plataforma de carga, iniciando el proceso de aserrado descortezado y trozado que permite dimensionar y desbastar la madera para ingresar en forma adecuada a la

Sierra Principal e iniciar el proceso de corte más fino, pasando por Sierra Partidora o Reaserradora, Canteadora y Despuntadora. Con esto la materia prima ha sido transformada y convertida en un producto con forma y propiedades. (INFOR, 1989)

La etapa posterior es el Baño Antimancha, es de gran importancia pues le otorga al producto mayor durabilidad. Este proceso consiste en sumergir la madera en contenedores con fungicidas disueltos en agua con soluciones entre 2 y 8 %, proporcionando una protección temporal contra la mancha azul. Los tipos de baños antimancha más comunes son:

- Bañado manual: se realiza en tinas improvisadas llenas con solución antimanchas (80 litros aprox.). Tienen en su borde una aleta que permite dejar la madera bañada.
- Bañado mecanizado en línea: se realiza en piscinas de 500 a 1000 litros, por donde la madera pasa arrastrada por cadenas a través de la solución. Se sumerge 9 a 10 segundos, para luego pasar a la mesa de clasificación.
- Bañado mecanizado estacionario: se realiza en una gran piscina que almacena unos 25 a 30 m³ de solución. Se bañan paquetes de madera empalillados, de hasta 4 metros mediante un sistema de horquillas.

Concluido el baño, la madera es secada artificialmente en hornos de secado a 70 °C, mediante cámaras de calor que funcionan con energía generada por una caldera a vapor, alimentada por residuos del aserradero (aserrín y viruta seca).

Luego, se inicia al proceso de impregnación, mayormente se realiza fuera de los aserraderos. Finalmente la madera es extraída y almacenada para ser despachada después de un tiempo de seguridad, permitiendo la eliminación de residuos de químicos utilizados.

2.4.- Impactos Ambientales de Aserraderos

La industria del aserrío, genera distintos impactos ambientales, como ruido, emisiones de polvo, emisiones gaseosas, residuos sólidos y líquidos.

2.4.1.- Residuos Sólidos

La industria del aserrío genera un gran volumen de astillas, desechos de madera, cortezas y aserrín. Estos residuos son utilizados generalmente como materia prima para otras industrias, para generación de calor y energía eléctrica. Se generan residuos de alta toxicidad, como borras del baño antimancha, compuestas principalmente de aserrín, tierra y soluciones de pesticidas. Su mal manejo puede generar grandes impactos sobre el suelo, agua, flora y fauna.

2.4.2.- Residuos Líquidos

Los residuos líquidos del baño antimanchas pueden contaminar de suelos, aguas superficiales y subterráneas. En los procesos de mantención de equipos y maquinaria se generan residuos líquidos, constituidos principalmente por aceites y solventes, que son vertidos directamente al alcantarillado o derramados sobre el suelo descubierto, evitando que los camiones que ingresan a los aserraderos generen emisiones de polvo. Esto sostenido en el tiempo, provoca que los movimientos de agua del subsuelo arrastren y percolen estos residuos con altos contenidos de metales pesados hacia las napas subterráneas. (Guía de Protección Ambiental, BMZ, 1995)

2.5.- Pesticidas Utilizados en la Protección de la Madera

El pentaclorofenol (PCP, por sus siglas en inglés) fue el pesticida más utilizado a fines del siglo pasado, por su alta efectividad y bajo costo.

2.5.1.- Pentaclorofenol

El pentaclorofenol y su sal sódica, el pentaclorofenato de sodio, son hidrocarburos clorados con un amplio espectro de toxicidad que se han utilizado como herbicidas, insecticidas, fungicidas, alguicidas, bactericidas, defoliantes, preservadores de madera y como agente antimicrobiano en diversos productos (Wall y Stratton, 1994; RIPQPT, 1988).

Por sus variados usos han sido utilizados en elevados volúmenes, los que ha causado efectos no deseados en la salud de la población, y en el medio ambiente; se ha usado en aplicaciones industriales, agrícolas y domésticas. En 1948 obtuvo el registro como preservador de madera en la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (Wilkinson, 1979; USEPA, 1988). En el año 1978 fueron el segundo plaguicida más usado en Estados Unidos, estimándose un ahorro de 7,500 millones de dólares al alargar la vida útil de la madera. (Ranga-Rao, 1978)

Comercialmente el pentaclorofenol y el pentaclorofenato de sodio son conocidos como Ambrotox-0 Concentrado, Penta-Maderol, Pentadragón 50 Pino, Vida-Madera, Pentamadera y Osmose-Triox, Pentarin L, Pentatox, Dowcide 7, Pentalex-S, Polacida L, Mitrol G-ST, respectivamente.

2.5.1.1.- Propiedades Físicas del Pentaclorofenol y Pentaclorofenato de Sodio

El pentaclorofenol puro se presenta como cristales en forma de agujas incoloro, y como polvo, escamas y gránulos que van de color blanco a tostado claro, gris o parduzco cuando es impuro. Posee un olor agudo, similar al del fenol, muy desagradable.

Es una sustancia volátil, no corrosiva a los metales y se descompone ante la presencia de agentes oxidantes fuertes y la luz solar. Químicamente estable, calentado a temperaturas cercanas a su punto de fusión y en presencia de agua, se descompone con emisión de ácido clorhídrico. Muy parecido al fenol, acentuado su carácter ácido por la presencia de cinco átomos de cloro. (Stecher, 1968, Sax, 1979)

Tabla 1: Propiedades Físicas y Químicas del Pentaclorofenol.

Constantes	Valor
Masa Molar	266.35 g/mol
Densidad	1.978 g/mL
Punto de Fusión	191 °C
Punto de Ebullición	293 °C
Punto de inflamación	No es inflamable
T° de Autoinflamación	No presenta
Explosividad	No es explosivo
Presión de vapor	mm de Hg °C
	0.00017 20
	0.00019 25
	0.0031 50
	0.019 75
	0.12 100
Solubilidad en Agua	35 ppm a 50 °C
Coefficiente Partición Agua/Octanol	5,01
Soluble en	Etanol, metanol, éter, benceno, acetona
Propiedades	Sólido, cristalino, blanco, olor fuerte

Fuente: Fichas de Sustancias de Químicas, Pentaclorofenol, Mutual de Seguridad

2.5.1.2.- Impurezas del Pentaclorofenol

En la producción industrial del pentaclorofenol, se producen además compuestos como hexaclorobenceno (HCB), policlorodibenzodioxinas (PCDD) y policlorodibenzofuranos (PCDF), están presentes en las presentaciones comerciales, son altamente tóxicas y poseen un alto riesgo ambiental. (Alwicker, 1991)

2.5.1.3.- Ingreso del Pentaclorofenol al Medio Ambiente

El pentaclorofenol puede ingresar al medio ambiente por diferentes vías, como se puede ver en la figura 2, donde se muestra un esquema general del origen, movimiento y distribución del pentaclorofenol, sus residuos e impurezas.

La EPA estimó que, del año 1989 a 1993, ingresó al medio ambiente alrededor de 52 toneladas de PCP, los cuales provenían principalmente de la industria de explosivos (43 %) y preservación de madera (20 %). La estimación sobre la distribución de los residuos de pentaclorofenol es la siguiente: 48 % en suelos, 45 % en sedimentos, 5.5 % en aguas y 1.4 % en aire (NCAMP, 1996; Hattemer-Frey y Travis, 1989).

El pentaclorofenol debido a sus características, posee gran capacidad para contaminar el manto freático, posee baja solubilidad y mayor densidad que la del agua, permitiéndole pasar bajo la superficie como una fase no acuosa. Su presión de vapor permite que se volatilice desde la madera tratada; su coeficiente de partición agua/octanol ($K_{OW} = 5,01$), indica que esta sustancia puede acumularse en organismos y sustratos ambientales. (Rouse, 1990; Davies y Dobbs, 1984).

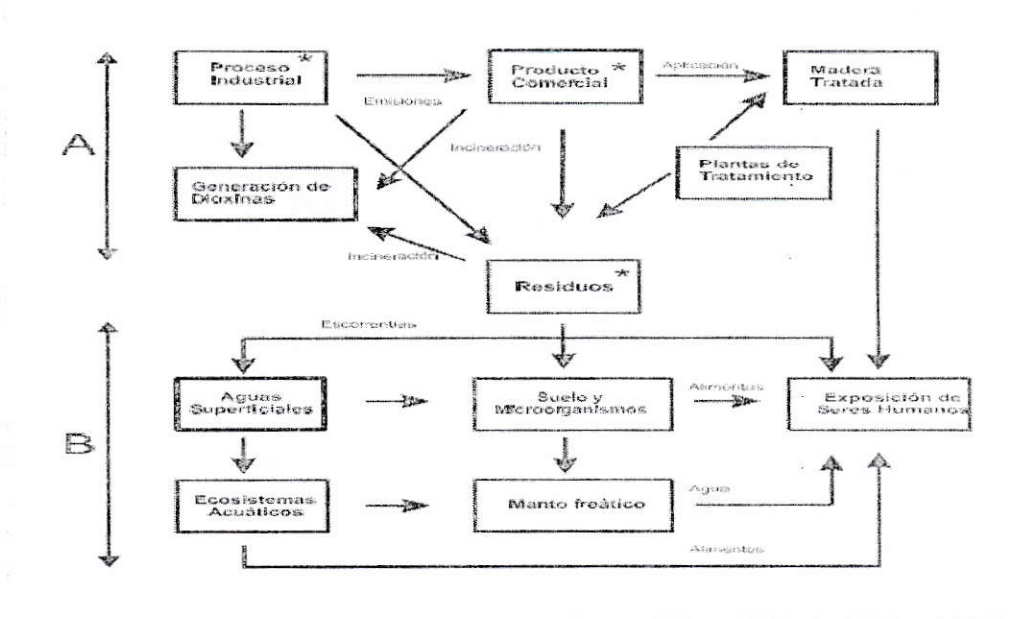


Figura 2: Origen, movimiento y distribución del pentaclorofenol y sus residuos en el medio ambiente. A: Origen y B: Distribución de los residuos, *Presencia de dioxinas. Fuente: Madera y Bosques. Pentaclorofenol: Toxicología y riesgos para el Medio Ambiente, 1998.

2.5.1.4.- Efecto en el Medio Ambiente

Como se mencionó anteriormente, el uso inapropiado, los derrames accidentales y la disposición inadecuada de los residuos de pentaclorofenol, han sido causantes de la contaminación de numerosos componentes del medio ambiente. El PCP, PCDD y PCDF son compuestos resistentes a la degradación biológica, haciéndolos muy persistentes en el ambiente, permitiendo que sus residuos sean arrastrados por el agua de lluvia, se adhieran a las partículas del suelo o ingresen directamente en los cuerpos de agua.

Los efectos más importantes en el medio ambiente son:

a) Suelo:

El pentaclorofenol, tiene una vida media sobre 5 años, se estima que en el suelo se encuentra alrededor del 48 % del compuesto que se ha liberado en el ambiente. Sus residuos se unen fuertemente a las partículas del suelo, favoreciendo la migración a suelos neutros y alcalinos (USEPA, 1988). En suelos agrícolas húmedos, tiene una persistencia moderada, debido a que la biodegradación es estimulada por la elevada humedad y altos contenidos de materia orgánica.

Además, puede ser movilizado de la capa superior del suelo hacia el aire por evaporación y puede lixiviarse contaminando el manto freático. Una vez que el pentaclorofenol llega a horizontes bajos del suelo o a las aguas subterráneas, es muy difícil que se degrade. Puede degradarse en el suelo si está expuesto a la luz solar y las bacterias, aumentando su velocidad en condiciones anaeróbicas, temperatura alta y presencia de materia orgánica. (Zelles y col, 1985)

b) Ecosistemas acuáticos:

Del total de pentaclorofenol que ingresa al medio ambiente, se estima que alrededor de un 45 % se encuentra en aguas y sedimentos de ecosistemas acuáticos. También se ha encontrado en aguas de escorrentía, en sistemas de agua potable y en organismos acuáticos. Puede persistir en el agua durante períodos de varias horas a días, llevándose a cabo su degradación básicamente en la superficie.

El pentaclorofenol es muy tóxico para peces, aumentando esta condición con valores bajos de pH, temperaturas elevadas y altas cantidades de oxígeno disuelto. Es

acumulado de forma rápida en organismos y en sedimento a partir de la columna de agua. (Fisher, 1991)

Para condiciones aeróbicas se han encontrado tiempos de vida media en el rango 12,8 – 18,6 días, y para la condición anaeróbica se ha reportado un tiempo de vida media igual a 79,8 días. El pentaclorofenol persiste en los sedimentos más tiempo que en la columna de agua, lo que está asociado a la lentitud de la biodegradación anaeróbica. (IPCS, 1987)

c) Atmósfera.

El pentaclorofenol ingresa a la atmósfera debido a su volatilidad, la cual se ve incrementada considerablemente a medida que aumenta la temperatura, aunque esto dependerá igualmente de los posibles aditivos y de la naturaleza de la madera tratada. La quema de esta madera libera PCDD y PCDF.

2.5.1.5.- Regulación para el Pentaclorofenol

El pentaclorofenol desde el año 1988, está incluido en el grupo de plaguicidas que se consideran de alto riesgo por la EPA, debido al conjunto de sus graves y diversos efectos en la biota. Se encuentra totalmente prohibido en un gran número de países, entre ellos Alemania, Suecia, Dinamarca, Estados Unidos y Chile, y severamente restringido en otros. (PANNA, 1991; 1994; 1995)

Por otro lado, la Ley de Control de la Contaminación de Estados Unidos, considera a este compuesto, sus isómeros, hidratos, mezclas, soluciones y desechos de madera tratada, como sustancias y residuos peligrosos que deben cumplir con las

regulaciones y los permisos necesarios para su manejo, transporte, almacenamiento y disposición. (IRPTC, 1993).

La EPA ha establecido un límite para pentaclorofenol en agua potable de 1 ppb, y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos (OSHA, por sus siglas en inglés) ha establecido un límite para pentaclorofenol en aire de $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ durante jornadas diarias de 8 horas, 40 horas a la semana. En Chile, el límite permisible ponderado es de $0.4\text{ mg}/\text{m}^3$, según el Decreto N° 745, Reglamento Sobre Condiciones Sanitaria y Ambientales en Lugares de Trabajo, del Ministerio de Salud.

2.6.- Dioxinas y Furanos

La emisión de compuestos orgánicos de la familia de las dioxinas y furanos se ha convertido en uno de los asuntos más complejos y controvertidos en la temática del control de la contaminación. Una dioxina es un miembro de la familia de los compuestos orgánicos conocidos como policlorodibenzodioxina (PCDD). Una molécula de la familia PCDD está formada por una estructura de triple anillo en la que dos anillos del benceno están interconectados por un par de átomos de oxígeno (figura 1.b). La familia policlorodibenzofurano (PCDF) tiene una estructura similar, excepto que solamente un átomo de oxígeno une los dos anillos del benceno (figura 1.c). Las posiciones 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, y 9, son átomos de carbono donde los enlaces están libres para unirse a átomos de hidrógeno o cloro. En la notación química se refiere a estos isómeros por el número de posición del átomo de cloro.

Estos compuestos no son producidos intencionalmente, si no que, son generados en procesos de combustión y por reacciones de compuestos organoclorados. Son de los 12 contaminantes persistentes reconocidos internacionalmente por el PNUMA (Programa de las naciones Unidas para el Medio Ambiente).

Por el gran número de átomos de cloro que se pueden enlazar, se han encontrado más de 210 sustancias, de las cuales 75 corresponden a dioxinas y 135 a furanos. Estas sustancias son estables químicamente, lipofílicas, muy persistentes y muy tóxicas, tienden a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, por lo que pueden ingresar a la cadena alimentaria. (ATSDR, 1989)

2.6.1.- Propiedades de Dioxinas y Furanos

Las propiedades más destacadas de las dioxinas y los furanos son: resistencia a soluciones ácidas y alcalinas, muy estables hasta 600 °C. con exceso de O₂, permanecen en el aire, agua y suelo cientos de años, resistiendo los procesos de degradación físicos o químicos, poseen presiones de vapor bajas (PCDD 6.2 * 10⁻⁷ Pa a 20 °C), por lo que la mayoría están ligados a partículas sólidas. Se descomponen con relativa facilidad por la acción de la luz en presencia de hidrógeno, poco solubles en agua. (0.12 * 10⁻⁶ g/L), y disminuye aún mas, a medida que aumenta el número de átomos de cloro, pero solubles en grasas y aceites. No existen en la naturaleza, consecuentemente, los seres vivos no han desarrollado métodos para metabolizarlos y detoxificarlos, resistiendo así la degradación biológica. (ATSDR, 1989)

2.6.2.- Producción de Dioxinas y Furanos

Las dioxinas y los furanos no son sintetizadas intencionalmente, a excepción de cantidades muy pequeñas para trabajos de investigación. Son mayormente productos derivados del proceso de fabricación de algunos pesticidas, conservantes, desinfectantes o componentes del papel, como también al quemar a bajas temperaturas materiales como algunos productos químicos, gasolina con plomo, plástico, papel o madera.

Las principales fuentes emisoras son: procesos de producción química, térmicos, de combustión y biológicos, y fuentes de reservorios, como vertederos de desechos contaminados, suelos y sedimentos. (Allsopp M, 1994)

2.6.3.- Efecto y Transporte en el Medio Ambiente

a) Atmósfera:

Los congéneres de dioxinas y furanos, tienden a asociarse en la atmósfera con otras partículas, permaneciendo allí casi una semana. Pueden estar presentes también como vapor, permaneciendo por varios días, siendo transportados en la atmósfera desde la escala regional a la continental. (Cohen, 1997)

b) Suelo:

Las dioxinas y furanos se asocian con las partículas, por lo que no se dispersan con rapidez en suelos y sedimentos, siendo el mejor sumidero.

c) Agua:

La fotólisis es el principal proceso de transformación, potenciada por la fotosensibilización directa o por fotorreacciones indirectas con sustancias químicas presentes en el agua de manera natural (Dulin et al., 1986), por lo que posee una vida media mayor en invierno que en verano. Son generalmente resistentes a la hidrólisis en el medio ambiente (Atkinson, 1987).

d) Bioacumulación

Los altos coeficientes de partición agua-octanol de las dioxinas y los furanos, que van desde 4,3 a 11 (aumenta en conjunto con el número de átomos de cloro), indican un considerable potencial de acumulación en tejidos biológicos. (Welsch-Pausch et al 1995).

2.7.- Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes

La Convención de Estocolmo fue adoptada y abierta a firma el 22 de mayo de 2001; donde se acuerda la acción internacional sobre 12 contaminantes orgánicos persistentes (COP's), llamada la docena sucia. Estos se dividen en tres categorías:

1. Plaguicidas: aldrin, clordano, DDT, dieldrin, endrin, heptacloro, mirex y toxafeno.
2. Productos químicos industriales: hexaclorobenceno (HCB) y bifenilos policlorados (PCB's).
3. Subproductos no intencionales: dioxinas y furanos.

La convención busca la eliminación o restricción de producción y el uso de los COP's producidos intencionalmente, como también la minimización continua de las liberaciones de los COP's producidos no intencionalmente. Además de que los stocks deben manejarse y ser dispuestos de forma eficiente, segura y ambientalmente adecuada.

Estos contaminantes, una vez liberados en el medio ambiente, persisten durante mucho tiempo, se pueden desplazar por largas distancias, acumulándose en las personas y otros seres vivos, siendo altamente tóxicos.

En enero de 2009, ya existen 162 Partes en el Convenio de Estocolmo, donde la mayoría han preparado planes nacionales de aplicación y están tomando medidas para reducir o eliminar la producción, el uso y la liberación de estos contaminantes. Nuestro país se suscribió a este convenio en año 2001, y lo rectificó el año 2005.

2.8.- Sitios Contaminados

Un sitio contaminado se define como un área geográficamente delimitada conformada por el suelo y/o agua subterránea que debido a la presencia de contaminantes presenta un riesgo a la salud de las personas y/o al medio ambiente.

La contaminación de estos sitios se origina entre otras causas, por:

- a) mala gestión de residuos,
- b) malas prácticas en instalaciones industriales,
- c) accidentes en el transporte, almacenamiento y manipulación de productos químicos, y
- d) emisión de contaminantes a la atmósfera que posteriormente pueden infiltrarse al suelo.

Los sitios contaminados pueden causar diferentes efectos, tales como:

- Riesgo para la salud humana: inhalación, ingestión, contacto directo con la piel, uso de aguas, entre otros.
- Riesgo de contaminación: aguas subterráneas, superficiales, atmósfera y sedimentos.
- Riesgo físico: explosión, corrosión de estructuras o efectos en las propiedades mecánicas del suelo.
- Riesgo indirecto: absorción y acumulación de contaminantes en cadena trófica.

(Documento Borrador, Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes en Chile, CONAMA, 2007)

2.8.1.- Sitios Contaminados con Dioxinas, Furanos y Pentaclorofenol en Chile

Como ya se mencionó, nuestro país ha sido un productor de madera de alta calidad; al bañar la madera aserrada con PCP, los residuos de este proceso, llamado también borras, fueron depositados junto a las pilas de aserrín, como también en el suelo y en los cursos de aguas.

Debido al nulo o mal manejo que existía en los aserraderos en épocas anteriores, todos estos son considerados como sitios potencialmente contaminados con PCF y por ende potencialmente contaminados con dioxinas y furanos. Un estudio realizado por el SAG, indicó la presencia de dioxinas, furanos y pentaclorofenol en concentraciones que sobrepasan los niveles establecidos por la normativa de Estados Unidos y Europa para suelos, aguas subterráneas y superficiales.

2.8.2.- Gestión de Sitios Contaminados

La Gestión de Sitios Contaminados como está definida en el documento de Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes, trabajo coordinado por la CONAMA, corresponde a un proceso sistemático, el cual tiene por objetivo mejorar la calidad ambiental y de la salud humana, disminuyendo los riesgos asociados a la contaminación. Para lograr dicho objetivo, se deben identificar los sitios con presencia de contaminantes, evaluar el riesgo que implican y generar medidas de control en aquellos con riesgo significativo. Un sistema de gestión de sitios contaminados cuenta con los siguientes componentes: marco institucional y

legal, sistema de información, mecanismos de financiamiento y capacidad técnica, sobre los cuales se ha diseñado un Plan de Acción con actividades a implementar enfocados en la minimización de riesgos.

2.8.2.1.- Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes

La Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes, corresponde a un compromiso institucional, que permitió instalar en la gestión ambiental la gestión de sitios contaminados. Éste involucra a todas las instituciones con responsabilidades y ámbitos de competencia en este tipo de gestión. Posee tres componentes que son la identificación, evaluación y medidas de control (remediación).

Se pretende que la gestión de sitios contaminados sea un proceso sistemático, desarrollado en etapas basado en la priorización; esta última se realiza mediante la naturaleza del contaminante, movilidad de este, ruta y usos del suelo. Para esto, se ha debido introducir un nuevo instrumento de gestión, el cual es la evaluación de riesgo aplicado caso a caso.

La Política que se pretende implementar, tiene como objetivo, establecer las bases para que el sistema de gestión permita reducir los riesgos asociados a la salud de la población y medio ambiente, a través de una gestión coordinada, sustentable y costo eficiente. (Documento Borrador de Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes en Chile, CONAMA, 2007)

2.9.- Muestreo de Sitios Contaminados

Un sitio en términos generales es un área geográfica delimitada, que incluye al suelo, agua subterránea, como también puede incluir construcciones y actividades desarrolladas. Un sitio potencialmente contaminado, es aquel que debido a las actividades realizadas en el pasado presenta una probabilidad de contaminación. Un sitio contaminado es aquel que presenta comprobadamente elevadas concentraciones de sustancias contaminantes demostradas en una evaluación de riesgo, la cual indica la existencia de un riesgo significativo a la salud humana y al medio ambiente.

El objetivo principal de una investigación de sitios potencialmente contaminados es la caracterización y evaluación de los posibles riesgos, para luego poder establecer medidas de prevención, minimización y/o mitigación. Para ello, se debe definir la condición ambiental del sitio (caracterización ambiental), para obtener información sobre la naturaleza y distribución de la contaminación, así como los mecanismos probables de transformación y migración de los contaminantes. (Documento Borrador de Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes en Chile, CONAMA, 2007)

El muestreo es un componente importante de la caracterización; requiere un diseño previo que defina la localización de los puntos de muestreo, número de estos, y número de muestras en cada punto, dependiendo de los objetivos de la caracterización. El estudio del suelo ocupa un lugar principal en la caracterización del sitio, el cual generalmente corresponde al compartimiento de ingreso de los contaminantes desde la fuente, el medio de transporte hacia otros compartimentos y el punto de exposición de receptores humanos y ecológicos.

III.- PROCEDIMIENTO

3.1.- Propuesta para un Posible Mecanismo de Degradación de Pentaclorofenol, Mediante un Estudio Bibliográfico

La propuesta de degradación del pentaclorofenol se realizó mediante el estudio y análisis de mecanismos de reacción de compuestos orgánicos, en este caso de compuestos aromáticos halogenados y reacción de radicales, en bibliografía pertinente, esto es, literatura específica de química orgánica y publicaciones científicas.

3.2.- Propuesta de un Plan de Muestreo de Sitios Contaminados con Dioxinas, Furanos y Pentaclorofenol

La propuesta de plan de muestreo se elaboró mediante los siguientes pasos:

A.- Análisis de los Datos de Campaña de Terreno

Esta campaña fue realizada por el Área de Soluciones Ambientales de DICTUC en conjunto con el Servicio de Salud y CONAMA Regional respectivo. Comenzó el 26 de enero de 2009 en la Región del Maule y Finalizó el 13 de Febrero en la Región de los Lagos, visitando más de 120 Sitios Potencialmente Contaminados con Pentaclorofenol.

Previamente dichas actividades y a la aplicación de la Ficha Básica de Inspección (ANEXO II), se realizaron reuniones técnicas con los Servicios de Salud, para planificar las visitas y facilitar el ingreso a todos los lugares de interés.

Para la inspección se requiere realizar las siguientes actividades:

- i) Identificación clara del nombre y ubicación del sitio de interés
- ii) Contacto con la autoridad competente solicitando apoyo para la visita
- iii) Coordinación y estructuración de un calendario de visitas
- iv) Capacitación interna del equipo encargado
- v) Visita y aplicación de procedimiento de inspección de terreno
- vi) Discusión de los resultados y registro de sugerencias.

La ficha Básica de Inspección fue realizada mediante una adaptación del análisis de fichas existentes en la Agencia CETESB de Brasil, EPA (fase de evaluación preliminar – PA preliminar assessment), México (Díaz Barriga, 1999), España (Junta de Residuos, 1998) y Fundación Chile (2001 y 2004). Dicho análisis permitió determinar aspectos relevantes y necesarios para estimar el riesgo a la salud humana y al medio ambiente de manera preliminar y con carácter cualitativo. Esta ficha, se adapta de mejor manera a la realidad de países como Chile, pues considera aspectos distintivos, como los limitados recursos económicos y la disponibilidad de información existente. A cada una de éstas se les asignó un número.

Una vez aplicada la Ficha Básica de Inspección a cada sitio, se procedió a seleccionar 3 sitios potencialmente contaminados, los cuales fueron utilizados para la elaboración de la propuesta del plan de muestreo.

B.- Análisis de los Sitios Seleccionados

Se revisaron las Fichas Básicas de Inspección 12, 17 y 31, obtenidas en la Región del Bío-Bío, para luego realizar el procesamiento de la información. Estas fueron aplicadas al los Aserraderos A, B y C, respectivamente. En base a esto se determinó:

- i) Características de los suelos
- ii) Características de flora y fauna
- iii) Características de cuerpos de aguas
- iv) Estado actual de los sitios
- v) Potenciales impactos ambientales.

C.- Análisis de las Variables del Plan de Muestreo

El análisis de las variables de muestreo, para su posterior determinación, se realizó mediante un estudio de recopilación de información bibliográfica, las variables que se estudiaron fueron:

- i) Tamaño de la muestra
- ii) Tipo de muestras (suelos, aguas)
- iii) Ubicaciones de las muestras
- iv) Tecnologías para la recolección y obtención de muestras
- v) Contenedores, preservación y manipulación.

3.3.- Evaluación de Métodos Analíticos Utilizados en la Determinación de Pentaclorofenol, Dioxinas y Furanos

La evaluación de los métodos analíticos utilizados para la determinación de pentaclorofenol, dioxinas y furanos, se realizó recopilando información de las distintas técnicas propuestas por la legislación y entidades pertinentes, además de propuestas en publicaciones científicas.

Posteriormente se procedió a analizar dicha información, para establecer una propuesta con el método analítico más adecuado y recomendaciones.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Propuesta para un Posible Mecanismo de Degradación del Pentaclorofenol y Formación de Dioxinas y Furanos

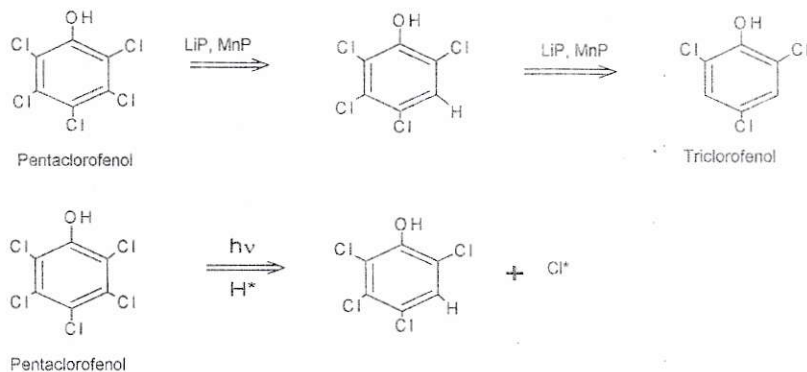


Figura 3: Mecanismo de Degradación del Pentaclorofenol.

En la figura 3 se muestra el mecanismo de degradación del pentaclorofenol, donde se analizan dos posibles vías. En la primera la degradación está dada por medio de enzimas, como la lignina peroxidasa (LiP), actuando el pentaclorofenol como sustrato extracelular de esta enzima. La lignina, después de la celulosa, es el mayor componente de la materia vegetal. La madera y otros tejidos vasculares contienen alrededor del 20-30% de lignina, donde la mayor parte está dentro de las paredes celulares, mezclada con las hemicelulosas. Este compuesto provee de rigidez a las plantas superiores ya que actúa como pegamento entre las fibras de celulosa formando la lámina media. Además, protege a los carbohidratos fácilmente degradables de la hidrólisis enzimática microbiana. (Lin, S., Dence, C., 1992)

La degradación se realiza por hongos lignolíticos como *P. chrysosporium*, *P. sordii*, *Pl. ostreatus*, *T. hirsuta* y *C. subvermispora*. LiP y MnP, los cuales son capaces de realizar la primera deshalogenación del pentaclorofenol, las otras eliminaciones de los átomos de cloro, son biocatalizadas por otros sistemas enzimáticos. El Hongo *P. chrysosporium*, posee un sistema intracelular reductor capaz de deshalogenar totalmente el PCP, después de la acción de LiP y MnP. Existe además, formación de radicales.

Estas enzimas poseen la estructura del grupo prostético férrico protoporfirina IX (grupo hemo) presente en su sitio activo. Por lo general en las hemo peroxidadas, el átomo de hierro se encuentra penta coordinado, donde cuatro posiciones de coordinación son ocupadas por átomos de nitrógeno de anillos pirrólicos, la quinta posición se localiza en el lado proximal del grupo hemo, ocupada por un nitrógeno perteneciente al anillo imidazol de un residuo de histidina. La sexta posición, en su estado basal, está libre y se ubica en el lado distal del grupo hemo, en la que ocurren muchas de las reacciones de las hemoperoxidasas.

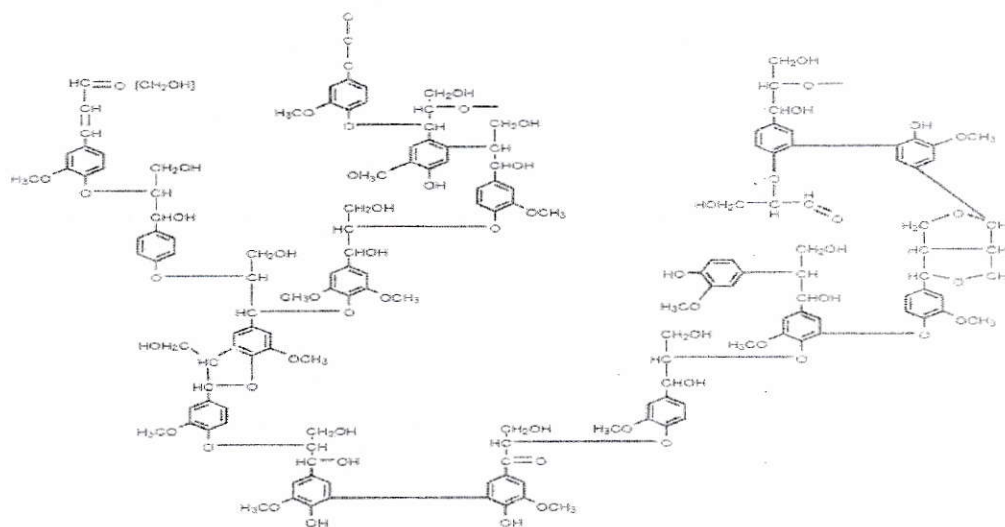


Figura 4: Estructura de la Lignina.

Por la acción de estas enzimas se origina como producto una quinona, que luego es reducida a fenol, mediante la aceptación de dos electrones en pasos consecutivos; la quinona puede aceptar electrones desde un reductor. La transformación fenol-quinona es una reacción redox reversible, con intervención de radicales.

También es posible la deshalogenación por medio de la radiación. El pentaclorofenol al recibir rayos gama puede perder un átomo de cloro, dando origen a un radical.

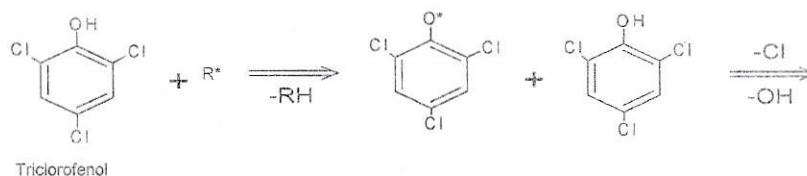


Figura 5: Mecanismo de Reacción del Triclorofenol.

Para llegar a la formación de las dioxinas y furanos, el pentaclorofenol se pudo degradar a triclorofenol. Luego el triclorofenol por reacciones radicalarias dará origen a los precursores de PCDD y PCDF. En la figura 5 se muestra dicha reacción la que puede tener dos vías, por pérdida del un átomo de cloro, o de un grupo -OH.

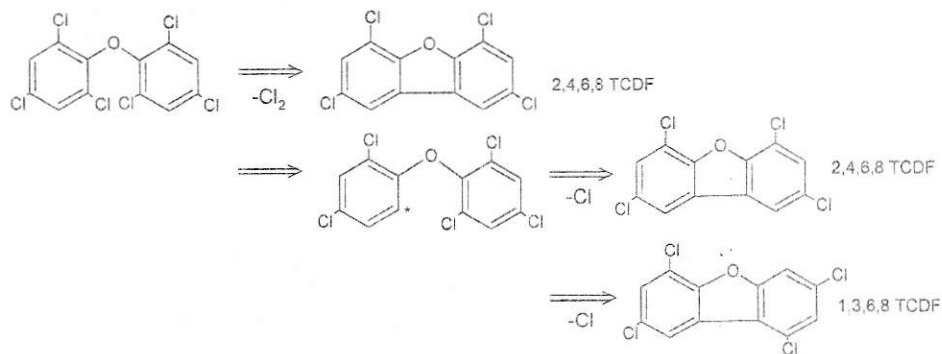


Figura 6: Mecanismo de formación de tetrachlorodibenzofuranos.

En la figura 6, se muestra el mecanismo de formación de 2,4,6,8 y 1,3,6,8 TCDF a partir de triclorofenol. Se observa que por medio de una reacción por radicales se pierde un ión hidroxilo; luego por pérdida de cloro gaseoso se forma el 2,4,6,8 TCDF. Por otro lado, si formación de otro radical, ubicado en la posición 5, este puede dar origen al 2,4,6,8 y 1,3,6,8 TCDF, formando un radical cloro.

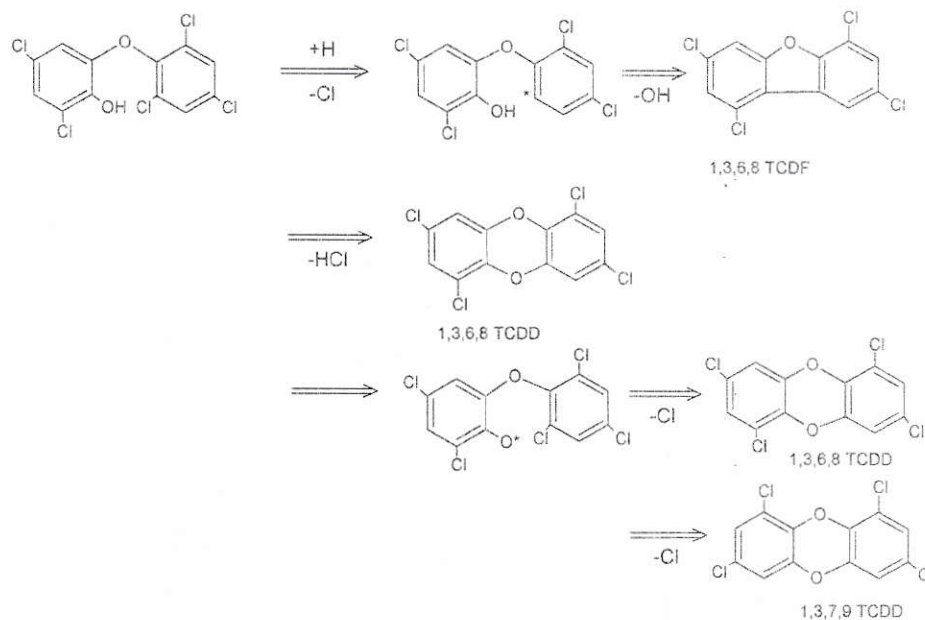


Figura 7: Mecanismo de formación de tetraclorodibenzodioxinas.

En primer lugar, luego de perder un átomo de cloro en la reacción del triclorofenol con su radical, el intermediario puede originar un radical al reaccionar con un protón, formando además ácido clorhídrico. Luego se forma 1,3,6,8 TCDF por medio del radical y pérdida de un hidroxilo. Este mismo intermediario puede conducir a la formación de dioxinas, debido a la atracción del protón por la nube electrónica del átomo de cloro próximo, dejando como sustituyente al $-O^-$, que a su vez ataca al carbono del segundo anillo, formando la 1,3,6,8 TCDD. Esta dioxina se origina también por reacciones radicalarias y pérdida de un átomo de cloro.

4.2.- Propuesta para Plan de Muestreo

4.2.A.- Análisis de Datos de Campaña de Terreno

Tabla 2: Resumen de aserraderos visitados

Aserraderos	Total
Identificados inicialmente	193
Visitados	124
Con pentaclorofenol	93

En la tabla 2, se muestra que el número de aserraderos identificados en un inicio, es mayor a los finalmente visitados, ya que, mediante el estudio preliminar de los datos disponibles se fueron descartando algunos, debido a que no usaban PCP o por estar definitivamente cerrados, como también, debido al impedimento o negativa a la visita. Por otra parte, se encontró que de los 124 aserraderos visitados, 93 utilizaron pentaclorofenol en el baño antimancha, lo cual representa el 75 % del total de aserraderos visitados.

Tabla 3: Período de Duración de las Visitas a Terreno por Región.

Fechas visitas a terreno	Desde	Hasta
Duración total	26-01-09	13-02-09
VII Región*	26-01-09	30-01-09
VIII Región	26-01-09	13-02-09
IX Región	09-02-09	13-02-09
XIV Región	02-02-09	13-02-09
X Región	29-01-09	30-01-09

*Adicionalmente se realizaron visitas el 19-02-09.

Como se observa en la tabla 3, las visitas a terreno se realizaron entre el 26 de enero del año 2009 hasta el 13 de febrero del mismo año. Fuera de este plazo se

realizó una visita el día 19 de febrero a un sitio en la Región del Maule. Las visitas realizadas en cada una de las regiones se realizaron de manera simultáneas pues se contaban con distintos equipos de trabajo por región.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la visita al terreno de los Aserraderos A, B y C. La información completa obtenida, se presenta en las Fichas Básicas de Inspección en el Anexo II.

Tabla 4: Localización, Estado y Contaminación de Aserraderos.

Aserradero	A	B	C
Localización	Lebu	Cañete	Tucapel
Estado	Activo, 1980	Activo, 1985	Cerrado, 2006
Área aproximada	2 Ha	2 Ha	2 Ha
Fuente de contaminación	Actividad Industrial	Actividad Industrial	Actividad Industrial
Formas de contaminación	Disposición de residuos/ infiltraciones	Disposición de residuos/ infiltraciones	Disposición de residuos/ infiltraciones
Tipo de residuos	Orgánicos – plaguicidas	Orgánicos – plaguicidas	Orgánicos – plaguicidas
Tipo de contaminante y/o material potencialmente contaminado	Pentaclorofenol – aserrín	Pentaclorofenol – aserrín	Pentaclorofenol – aserrín
Volumen estimado	--	1000 m ³	300.000 m ³

Fuente: Modificado de Fichas Básicas de Inspección 12, 17 y 31.

Se puede observar en la Tabla 4, que para los aserraderos A, B y C, la única fuente de contaminación es la actividad industrial de los mismos, debido a la mala o nula gestión de la disposición de residuos, como también por las infiltraciones de éstos en el suelo. Estos residuos corresponden básicamente a aserrines contaminados con PCP. No se tiene un volumen estimado de aserrines para el aserradero A, pues este no fue entregado por el personal de terreno.

Tabla 5: Características y Descripción General de Componentes Ambientales.

Aserradero	A	B	C
Granulometría del suelo	Textura media	Textura Fina	Pedregoso
Pendiente del terreno	Media (5 - 30°)	Media (5 - 30°)	Baja (< 5°)
Profundidad agua subt.	5 a 10 m	> 20 m	5 a 10 m
Pozo de extracción	Sí	Sí	Sí
Uso del agua subterránea	Riego/ Industrial	Riego/ Industrial/ Consumo humano	Riego/ Consumo humano
Distancia curso de agua más cercano	50 - 200 m	50 - 200 m	0 - 50 m
Tipo de fuente de agua	Laguna	Estero	Canal
Uso del agua superficial	Riego/ Consumo humano	No utilizable	Riego
Medios ambientales potencialmente contaminados	Suelo/ agua superf. y subt.	Suelo/ agua superf. y subt./ alimentos	Suelo/ agua superf. y subt./ alimentos
Recursos o actividades en el área	Población humana/ Área silvícola	Población humana/ Área silvícola y agrícola	Población humana/ Área agrícola
Características del sector	Semi urbano	Rural	Urbano
Receptores de la contaminación	Población/ trabajadores	Población/ trabajadores	Población
Nº aprox. de personas	> 200 personas 1 - 100 trabajadores	< 50 personas 1 - 100 trabajadores	> 200 personas
Distancia de grupo humano mas cercano	50 - 100 m	> 100 m	50 - 100 m
Punto de exposición	Residencia/ interior del sitio/ interior recinto industrial	Residencia/ interior del sitio/ interior recinto industrial/ riachuelo	Residencia/ interior del sitio/ interior recinto industrial/ riachuelo
Vía de exposición	Contacto dérmico/ ingesta de suelo	Contacto dérmico/ ingesta de agua y alimentos	Contacto dérmico/ ingesta de agua y alimentos

Fuente: Modificado de Fichas Básicas de Inspección 12, 17 y 31.

De la tabla N° 5 se puede observar que la granulometría es gruesa, fina y pedregosa, para los suelos de los aserraderos A, B y C respectivamente; esto fue determinado solo mediante la observación del terreno, lo cual no garantiza un mejor

método para determinar la textura del suelo, lo óptimo es que se hubiera utilizado el método de "textura a mano". Sin embargo, las observaciones entregan una idea general de los tipos de suelos donde se encuentran estos aserraderos. El aserradero A por su parte, podría presentar una mayor fracción de arena con respecto al B, y este a su vez un mayor porcentaje de limo. Todos estos aserraderos poseen el mismo tipo de vegetación, la cual está predominada por la especie *Pinus Radiata*, sin embargo, el aserradero C, posee mayor cantidad de especies silvestres por no encontrarse activo.

Los aserraderos A y B se encuentran en las planicies litorales donde se desarrollan suelos de texturas finas, franco arcillosas y arcillosa, se clasifican como Ultisols. El aserradero C, se ubica en la depresión intermedia, donde existen suelos de origen aluvial que están constituidos por cenizas o arenas volcánicas andesíticas basálticas y de granulometría gruesa. Constituye el área con mayor potencialidad agrícola debido a las pendientes moderadas, suelos profundos, bien drenados y de fertilidad moderada a alta. (Martínez R., 2004)

La especie *Pinus Radiata* es tolerante al material de origen, pero para un adecuado desarrollo requiere suelos de mediana a gran profundidad (1-1,3m). Tiene un crecimiento óptimo en suelos de textura franco arenosa y franco limosa, no deben ser muy salinos ni muy ácidos, además de poseer las suficientes sustancias húmicas y adecuado nivel de precipitación. (Schlatter J., 1977)

También se desprende de la tabla 5 que todos los aserraderos se encuentran próximos a aguas subterráneas, contando con pozos de extracción de dicha agua, para riego, actividad industrial y consumo humano. Además, se sitúan próximos a

aguas superficiales, siendo del tipo laguna, estero y canal para los aserraderos A, B y C, respectivamente. El último se ubica más cerca de la fuente, usándola para el riego.

El uso de este plaguicida pudo haber contaminado distintos compartimentos del medio ambiente, siendo afectado para los tres aserraderos suelos y aguas superficiales y subterráneas. Esto puede generar serios problemas tanto a la comunidad vecina como a los trabajadores de los aserraderos que aún se encuentran activos. Para el aserradero C existe evidencia de contaminación, ya que, según análisis fisicoquímicos al agua de la red pública realizados en el año 2006, se demuestra que las concentraciones de fenoles superaban la norma NCh 409/01, sobre Requisitos para Calidad de Agua para el Consumo Humano, Anexo III.A.

Las figuras 8, 9 y 10 presentan algunas de las imágenes obtenidas durante la visita a terreno para los distintos aserraderos. En el caso del aserradero A se puede ver en la figura 8.d la presencia de escombros en algunos sectores, además en la figura 8.c la existencia de una bodega con barriles que contiene aserrines contaminados con PCP (figura 8.b). Se observa también que probablemente a un costado de la bodega existan aserrines acumulados en el suelo que podrían estar afectados con PCP; existe mucho aserrín “nuevo” o donde se desconoce algún contacto o no con el baño antimancha en el pasado. En este aserradero, según el SEREMI de Salud, se usó pentaclorofenol durante 14 años.

En la figura 8.e se puede observar la gran extensión del aserradero, gracias a una imagen satelital obtenida con el programa Google Earth, utilizando las coordenadas obtenidas en terreno. Ésto explica la presencia de la gran pila de aserrín mostrada en la figura 8.f, situada a un costado del bosque.



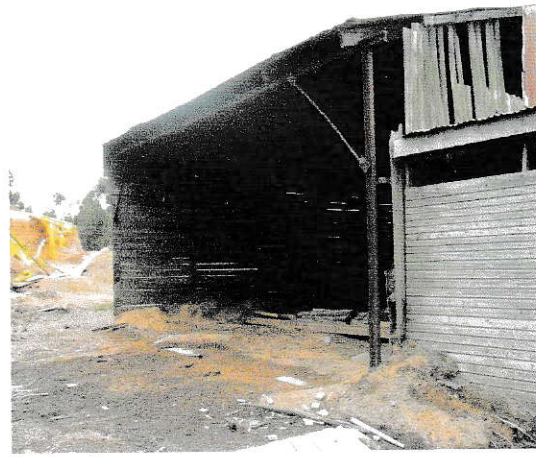
a) Entrada Aserradero



b) Contenedores con pentaclorofenol



c) Bodega de residuos peligrosos



d) Bodega



e) Imagen satelital (Google Earth)



f) Pila de aserrín

Figura 8: Imágenes captadas en terreno de aserradero A. a) Entrada Aserradero b) Contenedores con pentaclorofenol, c) Bodega de residuos peligrosos, d) Bodega, e) Imagen satelital y f) Pila de aserrín.

Las imágenes obtenidas del aserradero B se muestran en la figura 9; aquí se puede ver como el exceso de acumulación de aserrín puede generar verdaderas montañas de residuos, como se aprecia en la figura 9.b. Además, en este aserradero nunca se realizó una distinción de aserrines contaminados con pentaclorofenol, por lo que esta gran montaña esta formada por aserrines con y sin este plaguicida. También como se muestra en la figura 9.d, el sitio donde se sitúa el aserradero es bastante amplio, por lo que las cantidades de residuos generadas son significativas.

En la figura 9.f, se observa el crecimiento de vegetación silvestre en dichas pilas de aserrín.

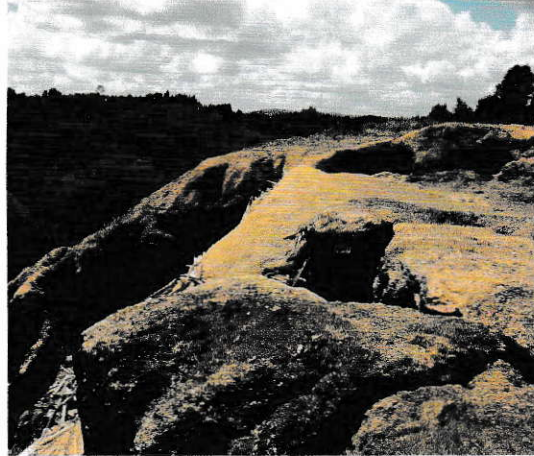
Para el aserradero C, las imágenes obtenidas se muestran en la figura 10; en la cual es posible apreciar la gran pila de aserrín acumulada (figura 10.b), pero esta no sólo está compuesta de este residuos, si no que, además posee escombros (figura 10.f), debido al estado actual del aserradero, el cual está cerrado.

La figura 10.c muestra el canal que se ubica próximo al sitio, el cual es usado para el riego por la comunidad aledaña, debido a la existencia de chacras en los alrededores. Existe evidencia de que cuando el río aumenta su caudal se generaban inundaciones, las cuales afectaban también la pila de aserrín. En este aserradero se utilizó el baño antimancha del 100% de la producción pentaclorofenol desde el año 1985 hasta el año 2000, por lo que es factible aseverar que todo el aserrín está potencialmente contaminado.

La imagen satelital (figura 10.f) muestra que este recinto también posee una gran extensión.



a) Recinto con aserrín



b) Pila de aserrín



c) Bosque de Pinus Radiata



d) Imagen satelital (Google Earth)



e) Recinto



f) Crecimiento de vegetación en la pila.

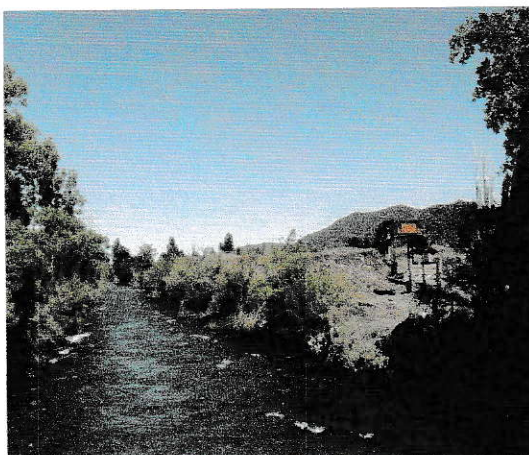
Figura 9: Imágenes captadas en terreno de aserradero B. a) Recinto con aserrín, b) Pila de aserrín, c) Bosque de Pinus Radiata, d) Imagen satelital, e) Recinto y f) Crecimiento de vegetación en la pila.



a) Escombros



b) Pila de aserrín



c) Canal



d) Imagen satelital (Google Earth)



e) Bodega con suelos contaminados



f) Escombros en pilas de aserrín

Figura 10: Imágenes captadas en terreno de aserradero C. a) Escombros, b) Pila de aserrín, c) Canal, d) Imagen Satelital, e) Bodega con suelos contaminados y f) Escombros en pilas de aserrín.

4.2.B y C.- Análisis de Variables y Elaboración de Plan de Muestreo

De manera de obtener buenos resultados de un diseño experimental para la evaluación de un sitio contaminado, es necesario realizar las siguientes etapas:

- 1.- Realizar un estudio preliminar para obtener información de las características del sitio (se incluye un reconocimiento de este),
- 2.- Definir el objetivo del muestreo,
- 3.- Seleccionar el tipo de muestreo
- 4.- Seleccionar el tipo, tamaño de las muestras, y ubicación de éstas.
- 5.- Seleccionar los materiales e instrumentos de muestreo
- 6.- Establecer el transporte y preservación de las muestras.

La elaboración del protocolo de muestreo se realizó separando los compartimentos medioambientales, es decir, para suelos, aguas, sedimentos, etc.

El estudio de las características generales del sector se obtuvo con el análisis de las Fichas Básica de Inspección de Terreno. Con ésto se pudo determinar que los sitios se encuentran en suelos con características similares, como también el tipo de vegetación. Se recomienda realizar cualquier tipo de acción que proporcione la mayor información sobre las características e historia del sitio, pues estos datos son fundamentales para definir y seleccionar sin errores el plan de muestreo más adecuado, optimizando también recursos técnicos y económicos. El reconocimiento del sitio debe incluir trabajo de gabinete y de terreno, y respecto a su análisis, se planteará la hipótesis respecto al sitio, es decir, si corresponde o no a un sitio

potencialmente contaminado, lo que se comprobará finalmente una vez realizado el análisis de las muestras.

El objetivo de un plan de muestreo es principalmente obtener información confiable sobre un sitio específico. Aunque las muestras se colectan para obtener información respecto al sitio, dependiendo de la forma como se seleccionó y realizó, puede que ésta no sea representativa, pues incluso un mismo compartimiento ambiental es variable en su composición y estructura.

En primera instancia, se deben definir los objetivos, a grandes rasgos se pueden subdividir en dos, exploratorio y de monitoreo. El exploratorio será planteado cuando se pretenda obtener información preliminar respecto al sitio, y el de monitoreo, en el caso que se pretenda generar información de la variación de concentraciones de parámetros específicos. Estos dos objetivos de plantearse juntos, harán al plan más eficaz.

El objetivo principal del muestreo es coleccionar muestras representativas, que ayude a determinar la presencia de los contaminantes presentes y el grado en el que estos podrían entrar en el ambiente circundante.

Teniendo siempre en consideración el objetivo principal, se plantean en cada caso y para cada compartimiento ambiental (matriz) objetivos diferentes, pues éstos poseen conformaciones diferentes y tendrán comportamientos y funciones diferentes, variando así la información que se requiera para la toma de decisiones.

Una vez planteado los objetivos, y tomando en cuenta la información que se tiene de éste, se procede a definir como se hará el muestreo, es decir, el patrón. Éste describirá básicamente el tipo de muestreo y de muestra que se debe aplicar, para la mejor información para determinar de forma más precisa la distribución espacial y

concentración de los contaminantes para un sitio determinado; lo cual será lo que optimizará y le asignará confiabilidad al estudio, además de ser crucial en la economización de recursos. En este punto se deberán considerar las variables en las propiedades de los suelos, aguas y sedimentos, tanto vertical como horizontal, seleccionando o dividiendo estos compartimentos en zonas homogéneas, además de las perturbaciones ambientales. De no ser posible esta división, se tendrá que tomar un gran número de muestras para mitigar los efectos de la heterogeneidad del sitio en el resultado final.

Al existir diversos factores que pueden afectar la distribución de los contaminantes, se debe escoger un tipo de muestreo que disminuya de mejor forma el error asociado a éstos. En definitiva existen métodos basados en planteamientos estadísticos y aleatorios. Aquellos que se encuentran basados en la estadística, no serán tomados en cuenta, ya que requieren para su óptima aplicación la toma de un gran número de muestras, lo que inmediatamente asocia una gran asignación de recursos, lo que finalmente no se asimila a la realidad de nuestro país.

Luego de determinar el enfoque, se debe escoger las ubicaciones para el muestreo. Esta selección también será determinante para la obtención de muestras representativas, ya que en esta etapa se evalúa la dificultad de recolección. Se deben seleccionar las ubicaciones de los puntos de muestreo con exactitud, siendo identificados perfectamente, por si es necesario repetir el muestreo, asegurando que es posible la toma de muestra en ese punto y preparándolo para facilitar el proceso.

A su vez., se pueden encontrar diversos factores que influyen en el número tipo y tamaño de muestras a tomar de un sitio. Para el número de muestras, básicamente se debe evaluar cuantos números de áreas se encuentran dentro de un

sitio, la amplitud de estas y cuantas serán esenciales para cumplir los objetivos propuestos, es decir, cuales actuarán como áreas de control y áreas de evaluación. No será recomendable un gran número de muestras por sitio, para disminuir el porcentaje de error, además no se puede perder de vista que se pretende realizar un catastro de sitios contaminados, luego en la etapa de priorización de estos, se puede requerir un estudio de detalle, aumentando considerablemente el número de muestras a tomar.

El tipo de muestra se debe determinar de acuerdo a los objetivos propuestos en relación con el compartimiento a muestrear. Con la selección del tipo de muestra se debe asegurar que se obtendrán resultados correctos, teniendo en cuenta el requerimiento de datos sobre la concentración en un punto y momento dado, o la variabilidad de la concentración.

El tamaño de la muestra básicamente estará influenciado por la cantidad y los tipos de métodos analíticos que se requieren según la matriz que se posee, es decir, para suelos, sedimentos y aguas, los tamaños serán diferentes pues los posibles análisis a realizar tienen requerimientos distintos.

La recolección y manipulación de las muestras serán diferentes también dependiendo de la matriz y como es el comportamiento del contaminante en dicha matriz. Al existir diversos tipos de materiales e instrumentos de muestreo, fundamentalmente la selección estará dada para suelos por el tipo que se encuentra en el sitio, es decir, si es arenoso, pedregoso, etc, y que profundidad se pretende muestrear. Para aguas, se debe tener en cuenta el tipo de cuerpo de agua que existe, y la profundidad que este presenta. Para sedimentos básicamente el instrumental está definido por si se requiere analizar la conformación del sedimento. La conservación

además de considerar la matriz, tiene como principal factor el tipo de contaminante que se muestreará, pues se trata de obtener la concentración real que está presente en el sitio, y no alterar de ninguna manera los datos a obtener.

Como se mencionó, muchas variables de un plan de muestreo dependerá fundamentalmente de la matriz que se pretenda muestrear, por dicha razón se realizó una separación de estos, con lo que se facilita además su elaboración y ejecución. A continuación se presenta el protocolo para cada una de estas.

MUESTREO DE SUELOS

Los objetivos del muestreo del suelo son:

- Determinar el riesgo a la salud humana y/o al ambiente debido a la contaminación;
- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales.

Los contaminantes a estudiar son: PCF, PCDD y PCDF.

Como está especificado en el Anexo I, existen tres enfoques básicos para el muestreo: selectivo, sistemático y aleatorio. El primero consiste en escoger puntos de muestreo en base a diferencias típicas, determinadas por la experiencia del muestreador, tiene implícito un sesgo. El enfoque sistemático, es un método donde

los puntos de muestreo seleccionados se ubican a distancias uniformes entre sí, proporcionando una cobertura total del área. El enfoque aleatorio es más simple, pues cada punto de muestreo tiene la misma probabilidad de ser seleccionado, es adecuado en sitios homogéneos, es decir, que la distribución de la contaminación en todo el sitio es uniforme. El muestreo sistemático entrega resultados más exactos que el aleatorio, porque los puntos de muestreo se distribuyen regularmente, aunque se debe conocer la naturaleza y variabilidad del suelo, evitando el sesgo.

Existen tipos de muestreo que pueden combinar estos enfoques, como el muestreo estratificado. Este se aplica normalmente en áreas heterogéneas, dividiendo el área en partes relativamente homogéneas, denominadas estratos, donde se realiza un muestreo sistemático o aleatorio.

Para los tres aserraderos, el tipo de muestreo seleccionado es el aleatorio estratificado, ya que, los sitios se pueden considerar como áreas heterogéneas en materia de distribución espacial de contaminantes, por lo que se debe dividir el área en zonas homogéneas, donde cualquier punto de muestreo será útil para cumplir con los objetivos del muestreo. La división básicamente se hará de la siguiente forma: existe una zona desde donde se obtenía la madera y se acopiaba, este sector no es de interés pues no existe uso de pentaclorofenol. Luego se tiene un sector donde se depositaba el aserrín, el cual es una posible fuente de contaminación; finalmente existe una zona donde se realizaba el baño antimancha. Para estos casos no son útiles los enfoques selectivos y sistemáticos, pues no existe un estudio de la variabilidad del suelo y aún no se encuentran definidos los equipos de muestreo, por lo que no se puede establecer una dependencia con la experiencia del muestreador.

Aunque los aserraderos tienen una superficie de 2 Ha, no es necesario cubrir toda la extensión del terreno, ya que solo es de interés los sectores donde se utilizaba o depositaban los contaminantes. Se decidió tomar 15, 10 y 15 muestras para los aserraderos A, B y C, respectivamente los que están divididos en 3, 2 y 3 estratos. Esto se justifica debido a que en el aserradero A existen zonas con aserrines contaminados, zonas con aserrines "nuevos" que no se sabe si están contaminados y zonas donde se supone estaría libre de la presencia de los contaminantes. El aserradero B, se dividirá en dos estratos, uno donde se sitúa todo el aserrín y la zona de baño, y el otro es una zona donde se supone estaría libre de la presencia de los contaminantes. Finalmente el aserradero C se tomará muestras en los sectores cercanos a los cursos de agua, donde se ubica el aserrín y en zonas donde se supone estaría libre de la presencia de los contaminantes.

Como se utilizará el muestreo aleatorio estratificado, luego de subdividir el área, se decide el número de muestra que se tomará en cada uno de estos, lo que está en función de la precisión requerida y en la extensión de cada estrato. Se divide el área de estudio en coordenadas X-Y, asociándoles números aleatorios, cada uno será un punto de muestreo. Se recomienda que se tomen entre 5 y 10 muestras por cada 0,5 Ha; a partir de 25 muestras disminuye la precisión. El número de muestras está relacionado con el tipo de muestreo, siendo el muestro aleatorio el que requiere un mayor número de muestras selectivo, pero en este estudio, sólo se pretende que se obtenga la distribución espacial y concentración de los contaminantes, con una baja disponibilidad de recursos y con el menor error posible.

Existen muestras simples y compuestas. La muestra simple, puede entregar información de la concentración de un compuesto en un punto y momento particular,

y la muestra compuesta es una mezcla de submuestras, tomadas en distintos momentos o frecuencias. Esta última es útil en aquellos casos en que la muestra puede presentar mucha variabilidad de un momento a otro. Se seleccionó para los aserraderos A, B y C, la muestra del tipo simple, ya que se quiere saber la concentración actual de los contaminantes en el suelo, teniendo en cuenta que estos son persistentes y se adhieren a las partículas del suelo, por lo que su concentración en el tiempo no será muy variable.

El tamaño de las muestras será entre 0,5 – 1,0 kg, ya que si no solo se requiere el análisis de los contaminantes y es preciso realizar una caracterización química y física del suelo, la muestra tendrá que tener un tamaño mayor.

Se muestrearán dos porciones de suelo, la capa superficial (0-15 cm) y la capa sub-superficial, ya que, el muestreo superficial busca determinar la concentración de contaminantes que no tienden a migrar verticalmente bajo la superficie, como es el caso de los PCDD y PCDF, y están más expuestos al contacto con el ser humano, estas muestras se toman con palas y espátulas. El muestreo vertical o profundo es utilizado para determinar la migración de un contaminante; el PCF puede contaminar el manto freático. Las muestras son tomadas desde la superficie hasta donde termina la migración del contaminante, con barrenos y palas.

Para todos los aserraderos se realizará ambos tipos de muestreo para evaluar la migración de los contaminantes a lo largo del tiempo, observando también cuál será la situación real del aserradero, es decir, cuál es la profundidad que alcanzaron los contaminantes en el suelo. Para el aserradero C este procedimiento es más importante, ya que está comprobada la dispersión del contaminante, pero no está establecida aún la ruta del mismo.

Las muestras deben colocarse en bolsas plásticas, sellar herméticamente, y refrigerar aproximadamente a una temperatura de 4 °C, tan pronto como sea posible. La muestra posee un tiempo de conservación de 7 días para realizar los análisis para los contaminantes requeridos, por lo que se debe realizar la coordinación con el laboratorio de forma previa. El transporte de las muestras se debe realizar con precaución, sobre todo si están dispuestas en envases de vidrio.

Tabla 6: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Suelos.

Variable	Aserradero A	Aserradero B	Aserradero C
Tipo muestreo	Aleatorio estratificado	Aleatorio estratificado	Aleatorio estratificado
Número de estratos	3	2	3
Tipo de muestra	Simple	Simple	Simple
Número de muestras	15	10	15
Tamaño de muestras	0,5 – 1,0 kg	0,5 – 1,0 kg	0,5 – 1,0 kg
Materiales y equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Bolsas plásticas limpias y secas - Barrenos y muestreadores cilíndricos - Envase de vidrio o polietileno con tapas de teflón - Solvente - Navegador satelital (GPS) - Etiquetas* - Lápiz marcador permanente - Cuaderno de notas - Hielera con cubos de hielo o hielo picado - Espátulas, palas rectas y curvas. 		

*La etiqueta debe al menos contener: número de identificación, nombre y ubicación del sitio, estrato y número de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, análisis requeridos, y observaciones generales, como clima, tipo de vegetación, etc.

MUESTREO DE AGUAS

Los objetivos del muestreo de aguas son:

- Determinar el riesgo a la salud humana y/o al ambiente debido a la contaminación;
- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales.

Los contaminantes a estudiar son: PCF, PCDD y PCDF.

Para el muestreo de agua, los métodos y equipos varían si se trata de aguas en movimiento o aguas detenidas. Se debe considerar época del año, caudal, o estado hídrico que asegure la mayor calidad de las muestras y una alta representatividad.

El tipo de muestreo para los aserraderos A y B es el aleatorio simple, esto es debido que están situados a una mediana distancia de los cuerpos de agua y no existe evidencia de que se encuentren contaminados, por lo que el muestreo es realizado sólo para asegurar que si existe presencia de contaminantes, por esta razón cada punto del cuerpo de agua es un potencial punto de muestreo. Para el aserradero C, el tipo de muestreo seleccionado es el sistemático, pues a que existe evidencia de la contaminación del canal, e incluso de los alimentos regados con esas aguas, por lo que se requiere cubrir la zona por completo, estableciendo las concentraciones tanto

canal arriba, como canal abajo; esta información sólo la proporciona este tipo de muestreo.

Se tomará 5 muestras de tipo compuesta para cada sitio, el cual es un número adecuado para establecer tanto la presencia y distribución de los contaminantes en los sectores, debido a que estos son pequeños. En este caso la muestra compuesta es útil, pues se hace muy complejo determinar la concentración de un contaminantes en el agua en un punto específico, ya que existe un constante movimiento por diferentes factores que van mezclando estos contaminantes en el agua, por lo que no se puede establecer la concentración de una porción como en le suelo, donde el transporte es más lento, por lo que es mas conveniente este tipo de muestra que permite la combinación de submuestras. Estas muestras tendrán un volumen de 1 L, por si además del los análisis de los contaminantes de interés, se requieren otros análisis fisicoquímicos. La muestra se tomará directamente en el envase que será enviado al laboratorio, el que está debidamente etiquetado antes del muestreo.

Para el estero y el canal (aserradero B y C) la muestra se tomará en un punto medio de la corriente principal y donde la velocidad sea máxima. Se lava la botella varias veces usando la misma agua que se va a muestrear, utilizando guantes de látex. Luego se introduce la botella tapada a una profundidad intermedia entre la superficie y el fondo del lecho, manteniendo la boca del envase en contra de la corriente por 30 segundos. En el caso de la laguna (aserradero A) se tomará muestras a distintas profundidades, ya que, en estos casos se produce un fenómeno llamado "turn over". Al existir sectores en que puede ocurrir un movimiento del agua durante el muestreo, se puede utilizar también muestreadores en serie, estos pueden extraer

las muestras a diferente profundidad de forma simultánea, de modo de asegurar que las muestras sean compatibles, para su posterior comparación y análisis.

Se debe asegurar sellar bien la tapa de la botella para evitar derrames accidentales, introducir en envase en la hielera con hielo (4 - 5 °C) y transportarlos inmediatamente al laboratorio. En lo posible realizar los análisis dentro de las primeras 24 horas.

Los aserraderos A, B y C poseen pozos de extracción de aguas, por lo que las muestras de aguas subterráneas se pueden obtener desde estos, aunque la composición de las aguas subterráneas puede variar con la profundidad. Por esta razón, para este cuerpo de agua, el tipo de muestra seleccionado es el integrado, donde se tiene una mezcla de distintas profundidades o intervalos de tiempo. Estas muestras serán tomadas con botellas lastradas, las que poseen apertura controlada. Se descenden abiertas por el interior del pozo hasta la profundidad deseada y se cierran mediante el envío de una pieza pesada.

Tabla 7: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Aguas.

Variable	Aserradero A	Aserradero B	Aserradero C
Tipo de cuerpo de agua	Laguna	Estero	Canal
Tipo de Muestreo	Aleatorio simple	Aleatorio simple	Sistemático
Tipo de Muestra	Compuesta	Compuesta	Compuesta
Número de Muestras	5	5	5
Tamaño de las muestras	1 L	1 L	1 L
Materiales y equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Botella de 1L (vidrio color ámbar, o teflón) con tapa de teflón Agua destilada - Ácido clorhídrico (HCl) 1M - Solvente (acetona) - Etiquetas adhesivas a prueba de agua - Marcador permanente - Hielera con hielo picado o en cubos 		

* La etiqueta debe al menos incluir fecha y hora, nombre y ubicación del sitio, número de identificación y de muestra, análisis requeridos y observaciones generales

MUESTREO DE SEDIMENTOS

Los objetivos del muestreo de sedimentos son:

- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales.

Los contaminantes a estudiar son: PCF, PCDD y PCDF.

El muestreo es del tipo aleatorio simple para los aserraderos A y B, como se mencionó, cada punto de muestreo tendrá la misma probabilidad de ser seleccionado, además los cuerpos de aguas donde se sitúan estos sedimentos están a una mediana distancia de los cuerpos de agua y no existe evidencia de que se encuentren contaminados, pero de todas formas se debe evaluar la presencia de contaminación. No es conveniente un muestreo sistemático, ya que no se tiene un estudio de la naturaleza de los sedimentos, y no se requiere cubrir toda el área, aunque si se pretende cubrir un área representativa que pueda establecer la condición del los sedimentos. Para el aserradero C el muestreo es sistemático, para poder evaluar los sedimentos que se encuentran cercanos a los puntos de muestreo de aguas, y así evaluar el transporte de contaminantes por la columna de agua; por la misma razón el número de muestras de este muestreo estará en función del número de muestras establecidos para los cuerpos de agua. Aquí se puede establecer un muestreo

sistemático debido a que existe evidencia de la contaminación, y el tipo de cuerpo de agua facilita la división en los puntos de muestreos en distancias uniformes.

Las 5 muestras serán del tipo simple y de un tamaño de 0,5 kg, lo que es suficiente para determinar tanto la presencia de contaminantes, como otros parámetros fisicoquímicos.

Estas muestras serán colectadas con muestreadores cilíndricos (barrenos), los que son útiles para colectar material con fines comparativos de la distribución de un plaguicida. Se ubica lentamente el muestreador sobre el sedimento, luego se empuja hacia abajo de manera vertical hasta alcanzar la profundidad deseada. Se retira y extrae el cilindro, y se introduce en un envase de vidrio.

Luego se transfiere a la hielera y se transporta al laboratorio en 24 horas. Los análisis se deben realizar de inmediato.

Tabla 8: Resumen de Variables para Plan de Muestro de Sedimentos.

Variable	Aserradero A	Aserradero B	Aserradero C
Tipo de Muestreo	Aleatorio Simple	Aleatorio Simple	Sistemático
Tipo de Muestra	Simple	Simple	Simple
Número de Muestras	5	5	5
Tamaño de las muestras	0,5 kg	0,5 kg	0,5 kg
Materiales y equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Envase de vidrio, polietileno o teflón - Muestreador (superficial, o barreno) - Cuerdas - Agua destilada - Solvente (acetona) - Etiquetas adhesivas a prueba de agua - Marcador permanente - Hielera, con hielo en cubos o picado 		

* La etiqueta debe al menos incluir fecha y hora, nombre y ubicación del sitio, número de identificación y de muestra, profundidad del muestreo, análisis requeridos y observaciones generales

El resultado con la Guía para el Muestreo de Sitios Potencialmente contaminados con PCP, PCDD y PCDF se encuentra en el ANEXO V.

4.3.- Evaluación de Métodos Analíticos

Existen diversos métodos analíticos para la detección y cuantificación de pentaclorofenol, dioxinas y furanos, dentro de estos métodos analíticos, los mayormente utilizados en la determinación de estos compuestos se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 9: Métodos de Análisis para los distintos Parámetros por Matriz.

Matriz	Parámetro	Método
Suelo y Sedimentos	Fenoles y Clorofenoles	EPA - 8270 B
	Plaguicidas Organoclorados	EPA - 8080 A y 8081 B * EPA - 3540 B, 3550 C y 1613
	PCDD y PCDF	EPA - 8280/8290
	PCB's	EPA- 8082
Aguas	Plaguicidas Organoclorados	EPA - 8080 A (Aguas Residuales)
	Compuestos Orgánicos	EPA- 525.2
	Índice de fenol	NCh 2313/19 of. 98

*Método EPA para extracción sólido-líquido para plaguicidas organoclorados.

La Tabla 9 nos entrega un detalle sobre los procedimientos recomendados para la determinación de los distintos parámetros en las matrices que se pueden encontrar en los sitios contaminados, los cuales han sido científicamente validados, y publicados para poder establecer técnicas estándar, no obstante, los laboratorios han realizado adaptaciones a estos métodos. Están basados principalmente, en los métodos analíticos de Cromatografía de Gases de Alta Resolución (HRGC) y Espectrometría de Masas de Baja y Alta Resolución (LRMS y HRMS).

Para determinar la concentración presente en las muestras de PCF, PCDD y PCDF, se seleccionó la metodología basada en cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas de alta resolución (GC/HRMS). (ANEXO IV)

Las principales etapas de esta metodología son las siguientes:

a) Extracción:

En esta etapa se busca recuperar de forma cuantitativa las dioxinas y furanos contenidos en las muestras. Estas se introducen dentro de un cartucho de extracción, donde se coloca una cantidad conocida de 17 isómeros marcados isotópicamente con ^{13}C (procedimiento EPA-1613), se deja por 24 horas. Luego se extrae el cartucho en un extractor Soxhlet durante 48 horas con tolueno. Por último, el extracto se reconcentra en el rotavapor. (EPA -3540 B)

b) Purificación.

Esta etapa tiene como objetivo la eliminación de los diferentes compuestos que pueden interferir y que fueron extraídos con las dioxinas y furanos. Este proceso es realizado por cromatografía de adsorción sólido-líquido. El extracto se somete a tres tipos de columnas: Columna de sílica modificada con H_2SO_4 y NaOH , Columna de florisil y Columna de alúmina. Se usan como eluyentes disolventes de diferente polaridad, como hexano, diclorometano, tolueno y éter.

Este proceso es controlado mediante HRGC con detector de captura electrónica (ECD). Si después de las tres columnas anteriores el cromatograma ECD aún presenta interferencias, el extracto se purifica con una columna de carbón (CARBOPACK C 80/100). Finalmente, el extracto se concentra con rotavapor y con corriente de nitrógeno.

c) Análisis y cuantificación por HRGC-HRMS

Para realizar la determinación final, se utiliza HRGC (columna apolar J&WDB-5), acoplada al HRMS. El uso de HRGC es necesario para la separación de las diferentes dioxinas y furanos por familias de congéneres conteniendo de cuatro a ocho átomos de cloro por molécula, así como para obtener una buena separación entre isómeros dentro de cada grupo de congéneres.

La GC tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy complejas, pero solo se tiene para la identificación el tiempo de retención de los picos cromatográficos, lo que no es suficiente para una identificación certera. La MS puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero no es capaz de identificar los componentes de una mezcla sin separación previa, debido a la complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares.

Al asociarse ambas técnicas, se origina una técnica que permite la separación e identificación de mezclas complejas. La mezcla inyectada en el GC se separa en la columna cromatográfica, obteniendo la elusión sucesiva de los componentes individuales que pasan inmediatamente al MS. Cada componente se registra como pico cromatográfico y se identifica mediante su espectro de masas. En este proceso, el espectrómetro de masas actúa como detector cromatográfico.

La HRGC-HRMS permite el análisis cuantitativo (en el orden de 10^{-12} - 10^{-15} g) de la mayor parte de los congéneres de las dioxinas y furanos, más de 130 compuestos diferentes en muestras de agua, suelo, sedimentos, lodo, pescado, leche, combustión de gases, cenizas, aceites usados, entre otros.

V.- DISCUSIÓN GENERAL

El mecanismo de degradación del pentaclorofenol a policlorodibenzodioxina y policlorodibenzofurano, está determinado por reacciones radicalarias. Primeramente el pentaclorofenol debe degradarse a triclorofenol, mediante la acción de la LiP y MnP y hongos lignolíticos o bien por medio de la radiación gama (long. de onda 220 nm). La acción de la lignino peroxidasa es muy importante, debido a que el pentaclorofenol queda como residuo en las pilas de aserrín, por lo tanto existe una gran cantidad de lignina, facilitando que se origine este tipo de proceso.

La degradación realizada por estos hongos puede deshalogenar por completo al pentaclorofenol, mediante su sistema enzimático intracelular reductor, luego de la acción de LiP y MnP que saca el primer átomo de cloro. Este tipo de reacción ocurre por lo general en la sexta posición de coordinación del átomo de hierro de estas hemoperoxidasas. Se origina en primera instancia una quinona, que es reducida a fenol, mediante una reacción redox reversible, con intervención de radicales.

La transformación del triclorofenol en TCDD y TCDF dependerá de la pérdida de un átomo de cloro o un grupo hidroxilo respectivamente, esta degradación también está determinada por reacciones de radicales, dando origen a distintos congéneres de dioxinas y furanos. El isómero que se genere dependerá de los productos que se obtienen de la degradación del PCP y de las impurezas que este posea, es por esta razón que se pueden formar diversos tipos de estos contaminantes.

Según estudios realizados a los PCDD y PCDF, su formación esta mayormente dada por la incineración de desechos y compuestos químicos clorados,

por lo tanto, se asume que dicha formación es a altas temperaturas. Es de suponer entonces, que si se encuentran concentraciones de dioxinas y furanos en los sitios contaminados se deberá principalmente a que éstas se encontraban presentes como impurezas del pentaclorofenol, aunque de todas formas existe una porción menor que se deberá a la degradación del pentaclorofenol en estos sitios. Estas reacciones son catalizadas por la presencia de Fe_2O_3 , Fe_2O_4 y Fe , aumentando su efecto a medida existen más átomos de cloro como sustituyente.

Los aserraderos visitados entre el 26 de enero y el 13 de febrero del año 2009 fueron 124, de los cuales el 75 % utilizaban pentaclorofenol en el baño antimancha de la madera. Se encontró que en los aserraderos A, B y C, la exclusiva fuente de contaminación su actividad industrial, acentuada a la mala o nula gestión de residuos, esto es, básicamente enormes volúmenes de aserrines contaminados con pentaclorofenol.

Para obtener la granulometría real del suelo se debió usar el método de la “textura por tacto”, ya que sólo observando el suelo no es posible tener una buena aproximación de este parámetro. Aunque nos proporciona una idea general del tipo de terreno, donde se obtiene que el aserradero A presentar una mayor fracción de arena con respecto al B, y este a su vez un mayor porcentaje de limo, pues poseen textura media y fina respectivamente. Al estar ubicados estos aserraderos en planicies litorales donde se desarrollan suelos de texturas finas, franco arcillosas y arcillosa, se clasifican como suelos de tipo Ultisols. El aserradero C, se ubica en la depresión intermedia, donde existen suelos formados por arenas volcánicas andesíticas basálticas y de granulometría gruesa.

Los aserraderos se encuentran próximos a aguas subterráneas, utilizándolas para riego, actividad industrial y consumo humano, y a aguas superficiales (laguna, estero y canal, para A, B y C, respectivamente).

El uso del pentaclorofenol pudo haber contaminado el suelo, expandiéndose la contaminación, a los cuerpos de aguas cercanos, sedimentos y alimentos. Lo que puede acarrear serios problemas, tanto a la comunidad vecina como a los trabajadores de los aserraderos que aún se encuentran activos, pues se tratan de compuestos tóxicos. Existe evidencia de contaminación de las aguas en el sitio del aserradero C, según análisis fisicoquímicos al agua de la red pública realizados en el año 2006 por la SEREMI de Salud de la Región del Bío-Bío, se demuestra que las concentraciones de fenoles superaban la norma. Esta contaminación es debida probablemente a la lixiviación del pentaclorofenol desde la pila de aserrín.

Por otra parte, para obtener evidencia confiable de la contaminación de un sitio, de modo de evaluar su estado, es necesario contar con un protocolo de muestreo adecuado, el que debe estar basado en información preliminar del sitio, mediante un reconocimiento de éste. Se debe conocer claramente el objetivo del muestreo, donde el principal hito será obtener muestras representativas del sitio. Luego se debe realizar una separación de los compartimentos ambientales posiblemente contaminados, con el fin de definir adecuadamente los parámetros y optimizar así los recursos. Con esto se puede seleccionar el tipo de muestreo, el tipo y tamaño de las muestras, y ubicación de estas, los materiales e instrumentos necesarios para el muestreo y establecer el transporte y preservación de las muestras.

Es conveniente la separación de los compartimentos del medio ambiente, ya que estos reservorios difieren mucho en sus parámetros físicos y químicos, por lo que

los materiales, instrumentos, número y tamaño de las muestras no serán los mismos. Como también serán diferentes el tipo de muestreo y muestra a recolectar dependiendo del tipo de sitio que tengamos, a como está distribuida la contaminación, y de la información disponible dispone del sitio.

Además, el muestreo debe poseer garantía de calidad, lo que significa que se asegura la precisión y exactitud de los datos del muestreo, y control de calidad, es decir, que exista una aplicación rutinaria de los procedimientos para controlar los procesos de medición. Para esto se debe observar los requisitos para la recolección, presentación, transporte y almacenamiento de las muestras, seguir los procedimientos analíticos indicados por EPA y tomar muestras al menos duplicadas.

Existen distintos métodos analíticos para la detección y cuantificación de pentaclorofenol, dioxinas y furanos, dentro de estos los mayormente utilizados y que arrojan resultados confiables son los basados en cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masa, pues permiten la determinación de concentraciones muy bajas, siendo este adecuado, pues no se sabe si existe presencia de contaminación, además que permite separar e identificar los contaminantes. Como se mencionó anteriormente lo más probable es que las concentraciones de dioxinas y furanos sean bajas, lo que no quiere decir que no impliquen un riesgo para la salud de la población y/o para el medio ambiente. Esta metodología consta de las siguientes etapas: extracción, purificación, análisis y cuantificación. Primero se debe recuperar las dioxinas y furanos contenidos en las muestras (EPA-3540 B), luego eliminar los compuestos que pueden interferir (cromatografía de adsorción sólido-líquido y de gases con ECD), finalmente se determina la concentración de los contaminantes para evaluar los niveles de contaminación del sitio (HRGC acoplada a HRMS).

VI.- CONCLUSIONES

A pesar de que el pentaclorofenol es un precursor de PCDD y PCDF, su principal mecanismo de degradación son las altas temperaturas, aunque estos compuestos pueden ser generados por la degradación mediante bacterias, hongos lignolíticos, lignino peroxidasa y radiación solar. Las concentraciones que puedan encontrarse de dioxinas y furanos, serán mayormente debidas a impurezas del PCF.

La ficha de inspección de terreno es adecuada, pues entrega importante información respecto al sitio, permitiendo establecer un protocolo de muestreo, previamente realizando un análisis a los datos que esta proporcione. Las variables del protocolo de muestreo, como el tipo de muestro, tipo tamaño, número, transporte y almacenamiento de las muestras, dependerá de las características del sitio y de la posible distribución de la contaminación, teniendo siempre presente obtener muestras representativas y acordes a los objetivos a lograr con el muestreo.

Se pudo establecer para los aserraderos A, B y C, un adecuado protocolo de muestreo, considerando lo anteriormente mencionado en conjunto con las capacidades económicas y técnicas.

El método analítico más adecuado para identificar los compuestos y cuantificar las concentraciones en las distintas matrices, es la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masa, pues es eficiente incluso con concentraciones muy bajas. Asimismo, se requiere gran experiencia del personal que realizará la determinación.

Según los datos obtenidos, sumado a sus características fisicoquímicas, es probable que el PCF, PCDD y PCDF se encuentren en mayores concentraciones en suelos y sedimentos, aunque su persistencia se ve afectada con el contenido de materia orgánica, además de ser degradado por la luz solar, bacterias y las altas temperaturas.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Allsopp M, Thornton J., Conster P. 1994. Cero Dioxinas, Una estrategia de urgencia para la eliminación progresiva de las dioxinas. Greenpeace Internacional, España. Greenpeace Cono Sur.
- Alwicker, E.R. 1991. Some laboratory experimental designs for obtaining dynamic property data on dioxins. *Sci. Total Environ.* 104. p:76-72.
- ASTDR. 1989. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Pentachlorophenol. Public Health Statement.
- Atkinson, R. 1987b. Estimation of OH Radical Reaction Rate Constants and Atmospheric Lifetimes for Polychlorobiphenyls, Dibenzo-p-dioxins, and Diebenzofurans. *Environ. Sci. Technol.* 21: 305-307.
- Boletín de Exportaciones Forestales, Área de Estadísticas y Mercado. INFOR, 2008.
- Boletín Intexter (U.P.C.). N° 122. Gutiérrez M., Droguet M. Identificación de Compuestos Volátiles por CG-MS. 2002
- Boletín Estadístico N°70, La Industria del Aserrío. INFOR, 1999.
- Castillo M. I. & Bárcenas P. C., 1998. Pentaclorofenol: Toxicología y riesgos para el Medio Ambiente. *Madera y Bosques* (4)2: 21-37.
- Cohen, M., B. Commoner, A.E. Cabrera, D.C.G. Muir and C.S. Burgoa. 1997. Dioxin. Estudio de caso. Informe preliminar al Secretariado de la CCA. p:58.
- Convenio de Estocolmo Sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, 2001.
- Criterios para evaluar sitios contaminados con sustancias potencialmente peligrosas. Centro nacional de prevención de desastres. México.
- Davies, R.P. y A. J. Dobbs. 1984. The prediction of bioaccumulation in fish. *Water. Res.* 18(10):1253-1262.
- Dávila G., Vásquez R., 2006. Enzimas Lignolíticas Fungicidas para fines Ambientales. *Mensaje Bioquímico*, Vol. XXX. p: 29-36.
- Desarrollos de Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente Correspondiente a Pentaclorofenol, 2003. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, República Argentina.

- Devlieger S., Francis; Baettig P., 1999. Ricardo. Ingeniería de Aserraderos. Fundamentos de Planificación y Gestión. Universidad de Talca.
- Documento Borrador Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes. CONAMA, Santiago, Chile, 2007.
- Dulin, D., H. Drossman, and T. Mill. 1986. Products and Quantum Yields of Photolysis of Chloroaromatics in Water. *Environ. Sci. Technol.* 20:72.
- Fichas de Sustancias de Químicas, Pentaclorofenol. Mutual de Seguridad, Santiago, Chile.
- Fisher, S.W. 1991. Changes in toxicity of three pesticides as a function of environmental pH and temperature. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 46: 1977-202.
- Guía de Protección Ambiental: Material auxiliar para la identificación y evaluación de Impactos Ambientales, Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), Alemania, tomo II 1995.
- Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Rubro Aserraderos y Procesos de la Madera. CONAMA, Santiago, Chile, 2000.
- Guía para la Toma de Muestras de Residuos de Plaguicidas en Agua, Sedimento y Suelo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Servicio Agrícola y Ganadero, Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.
- Guía para Preparar Estudios de Factibilidad de Proyectos de Remediación de Sitios Contaminados con COPs. Mayco Consultores, LFR, 2008.
- Guidance for Performing Site Inspections under CERCLA. Environmental Protection Agency (EPA), EPA540-R-92-021. Estados Unidos, 1992.
- Hattemer-Frey, H.A. y C.C. Travis. 1989. Pentachlorophenol: environmental partitioning and human exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 18:482-489.
- IPCS (International Programme on Chemical Safety), 1987. Environmental Health Criteria 71. Pentachlorophenol. World Health Organization. Geneva.
- IRPTC. 1993. (International Register of Potentially Toxic Chemicals). Legal Files. UNEP. Ginebra, Suiza.
- Larsson, P., G. Bremle, and L. Okla. 1993. Uptake of pentachlorophenol in fish of acidified and nonacidified lakes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50: 653-658. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental

Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.

- Lin, S. Y., Dence, C. W., 1992 Methods in lignin chemistry. Springer-Verlag, Berlin.
- Manual N°16, Principios de Organización y Operación de un Aserradero. INFOR, 1989.
- Mapas de Reconocimiento de Suelos de la VIII Región del Bío-Bío. Martínez R. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. 2004.
- Mejía J., Yáñez L., Carrizales L., Díaz-Barriga F., 2002. Evaluación Integral de Riesgos de Sitios Contaminados, Laboratorio de Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.
- NCAMP. 1996. National Coalition against the Misuse of Pesticides. Chemicals at a Glance. Penta. A Report About their Toxic Trail and Safer Alternative.
- Osorio M., 1985. *Ceratocystis pilifera*, Hongo Causante de Mancha Azul en Madera de *Pinus radiata*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Bosque, 6(2): 116-119.
- PANNA. 1994. Pesticide Action Network, European Union ban on PCP considered. Updates Service. PAN North America Regional Center. San Francisco, CA.
- PANNA. 1995. Pesticide Action Network, 1995 Demise of the dirty dozen. PAN North America Regional Center. San Francisco, CA.
- Plan nacional de Implementación para la gestión de los Contaminantes Orgánicos persistentes (COPs) en Chile Fase I 2006-2010. CONAMA, 2005.
- Preservantes para Madera Tipo CCA y su Efecto Sobre el Medio Ambiente, H. Silva Camilla, 2004.
- Ranga-Rao, K., 1978. Pentachlorophenol: Chemistry, Pharmacology and Environmental Toxicology. Plenum Press. p:402.
- Residuos Sólidos Industriales en la VIII Región. Situación actual y opciones para una gestión adecuada. CONAMA Bío - Bío, 2000.
- Resolución 2226, 1999. Suspende la Importación, Fabricación, Venta, Distribución y Aplicación del Pentaclorofenol. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y ganadero, Departamento de Protección Agrícola.

- Resolución 78, 2004. Prohíbe Importación, Fabricación, Comercio y Aplicación de Plaguicidas de Uso Agrícola que Contengan Pentaclorofenol y sus Sales. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y ganadero, Departamento de Protección Agrícola.
- RIPQPT. 1988. Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos. Pentaclorofenol y Pentaclorofenato de sodio. Boletín Vol. 9 No. 1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) RIPQPT. Suiza. p: 38-41.
- Rouse, J.V. 1990. Dense non-aqueous liquid (DNAL). Behavior and its implications on remedial options. Control. Proceed. 86th Ann. Meeting Am. Wood Preserv. Assoc.
- Sax, N.I. 1979. Dangerous properties of Industrial Materials. Van Nostrand Pub. p:850.
- Schlatter J., 1977. La Relación Entresuelo y Plantaciones de Pinus Radiata D.Don en Chile Central Análisis de la Situación Actual y Planteamientos para su Futuro Manejo. Bosque, 2 (1), pág. 18.
- Stecher, D.G., M. Widholz, D.S. Leahy, D.M. Bolton, L.G. Eaton. 1968. TheMerck Index; Merck Co. Inc. Rahway, NJ, USA p: 792.
- USEPA. 1979. Environmental Protection Agency. Suspended, Cancelled, and Restricted Pesticides. Washington, D.C. Office of Pesticides and Toxic Substances.
- USEPA. 1988. Health Advisory Office. Pentachlorophenol. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 104:183-194
- USEPA.1988a. Office of Drinking Water. 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxina. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 107:147-163.
- USEPA. 1990. Environmental Protection Agency. Identification and listing of hazardous waste. Wood Preserving. Federal Register 55(235):50450- 50490.
- Wall, A.J. y G. W. Stratton. 1994. Arsenic effects on the bacterial degradation of pentachlorophenol. Chemosphere 28(3):559-566.
- Welsch-Pausch, K., M. McLachlan, and G. Umlauf. 1995. Determination of the Principal Pathways of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans to Lolium multiflorum (Welsh Ray Grass. Environmental Science and Technology 29(4): 1090-1098.
- Zelles, L., 1985. Side effects of some pesticides on non-target soil microorganisms. Environ. Sci. Health B20(5):457-488.

- <http://edafologia.ugr.es/IntroEda/tema04/text.htm>, Febrero 2009.
- <http://www.epa.gov/pesticides/safety/spanish/healthcare/handbook/Spch10.pdf>, Noviembre 2008.
- <http://www.fao.org/docrep/005/x2570s/X2570S10.htm>, Noviembre 2008.
- <http://chm.pops.int/Portals/0/docs/cop4/39SC%20COP4%20ministerial%20theme-SP.pdf>, Enero 2009.
- http://siu2.udea.edu.co/grupos/LACOPs/ContPersist_Dioxinas.htm, Noviembre 2008

VIII.- ANEXOS

ANEXO I: CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SITIOS CONTAMINADOS

ANEXO IA: Evaluación de sitios

La evaluación de un sitio es una secuencia planeada y organizada de las actividades llevadas a cabo para determinar tanto la naturaleza, como la distribución de los contaminantes en el sitio que se ha identificado como potencialmente contaminado. Tiene como objetivo:

- a) Determinar si existe la presencia de contaminantes en el medio ambiente,
- b) Establecer la distribución y concentración de los contaminantes, y
- c) Desarrollar un programa de restauración.

Esta evaluación se divide en dos etapas: evaluación preliminar y evaluación detallada. La primera, es un proceso donde se analiza la información, mapas, documentos, archivos para determinar la probable naturaleza y localización de la contaminación y no involucra muestreo ni análisis. Además del estudio del material de documentación, se debe reconocer el sitio.

Las principales actividades son:

- Análisis de la historia del terreno
- Descripción de la actividad en el sitio (procesos, productos y residuos)
- Conocimiento de actividades previas
- Entrevistas a ocupantes del sitio en el pasado y presente, y autoridades
- Realización de visitas al sitio para conocer la topografía y condiciones
- Establecimiento de la geología del sitio, hidrología y localización de los acuíferos
- Obtención de datos meteorológicos
- Ubicación de centros de población cercanos y caracterización de la población expuesta
- Detección de tanques, tambores y otros contenedores.
- Detección de contaminación evidente; olores, manchas, etc.

La evaluación detallada es el proceso donde se confirma si existe contaminación. Se realiza mediante un programa de muestreo y análisis y se debe revisar toda la información disponible generada en la etapa anterior, para luego desarrollar los planes de muestreo. Por su parte se inspecciona el sitio, se colectan y analizan muestras de suelo, agua superficial y subterránea, sedimentos y aire. Por último se realiza la evaluación e interpretación de todos los datos. (EPA, 1992)

Luego las concentraciones obtenidas para los contaminantes, se comparan con criterios o valores establecidos como máximos permisibles, indicando la existencia de contaminación en el sitio. Lo que establece a su vez, la necesidad o no de restauración, la que es definida con la clasificación de los sitios, determinándose una priorización de sitios para el mejor aprovechamiento de recursos.

ANEXO I.B: Muestreo de sitios contaminados

El muestreo busca identificar los niveles de contaminación, como también describir la distribución de ésta, espacial y verticalmente. Este proceso es desarrollado en la etapa de evaluación detallada del sitio. (EPA, 1992)

En un plan de muestreo se debe considerar las siguientes etapas:

a) Establecimiento de objetivos: permite determinar la selección del sitio de muestreo, frecuencias, duración, métodos, análisis necesarios, tratamiento y manejo de las muestras.

b) Obtención de la información preliminar: (ANEXO A).

c) Definición del grado de precisión: esto determinará el número mínimo de muestras, permitiendo mejorar las técnicas de muestreo.

d) Tipo de análisis requeridos: esto es muy importantes, pues entregan datos importantes para definir qué tipo de precauciones deben ser adoptadas al momento del muestreo y el manejo de las muestras.

Con esto, con esto se puede establecer, que un plan de muestreo debe al menos poseer los siguientes aspectos:

- Esquema de muestreo a utilizar
- Localización de los sitios de muestreo
- Profundidad del muestreo
- Tamaño de las muestras
- Número de muestras
- Selección de sitios de control
- Protocolos de muestreo

La contaminación del medio ambiente está sujeta a diversas variables, como los tipos de contaminantes, naturaleza, propiedades físicas y químicas, sus variaciones de concentración a lo largo de todo el sitio y componente ambiental afectado. Debido a que los suelos, aguas, sedimentos son medios muy complejos y variable, requieren diferentes métodos de muestreo, técnicas de preservación y almacenamiento, como también la preparación de la muestra para su análisis.

Los muestreos son realizados por lo general para controlar la concentración de contaminantes, caracterizar una matriz ambiental e identificación fuentes emisoras.

Previo al inicio del muestreo, se recomienda conocer el historial de uso de plaguicidas en la zona para identificar los sitios con mayor probabilidad de presencia de plaguicidas. Éste debe considerar la cantidad del plaguicida aplicado y su distribución, propiedades químicas, factores relacionados con la aplicación (épocas, tasas y métodos de aplicación), movilidad y toxicidad.

I.B.1: Tipos de muestreo

Existen diversos tipos de muestreo, su definición dependerá de factores como la existencia de datos preliminares que indiquen la existencia de un problema específico, presencia de fuentes emisoras, o ausencia de datos que ameriten un muestreo más exploratorio. También se debe considerar, la rigurosidad científica requerida. A continuación se identifican a los siguientes tipos de muestreo:

- a) Muestreo aleatorio simple
- b) Muestreo aleatorio estratificado
- c) Muestreo sistemático
- d) Muestreo dirigido
- e) Muestreo aleatorio compuesto

El muestreo aleatorio simple y el sistemático se basan en técnicas estadísticas elementales. Para el primer caso, las muestras son tomadas al azar, no se consideran criterios temporales ni de localización o espaciales. En general son económicamente más costosos, pues al hacerse sin juicios previos, se necesitan un mayor número de muestras. Este se caracteriza porque cualquier punto de muestreo presenta la misma probabilidad de ser seleccionado; debe ser aplicado, cuando la distribución espacial de contaminantes en un sitio potencialmente contaminado presenta homogeneidad.

El muestreo aleatorio estratificado se aplica en sitios en los que la distribución espacial de contaminantes es heterogénea, debido a la variabilidad en los factores, como suelo, pendiente, vegetación, entre otros, los que a su vez, son determinantes de la distribución de dichos contaminantes. Esa variabilidad se reconoce por medio de una delimitación de zonas en las que la distribución de las sustancias contaminantes sea homogénea, denominadas estratos, los que constituyen subpoblaciones de muestreo dentro de una misma zona. Se aplica para realizar afirmaciones a cerca de cada estrato o subpoblación separadamente y para aumentar la precisión de las estimaciones en el conjunto del área

El muestreo sistemático se utiliza para garantizar una completa cobertura de un área o de un determinado periodo de tiempo. Por lo general, se comienza a muestrear en un punto seleccionado al azar y se continúa con muestreos en subáreas contiguas definidas en base a un patrón de muestreo a intervalos fijos, los que pueden ser espaciales, temporales o una combinación de estos. Por lo que este tipo de muestreo no tiene ningún juicio previo del movimiento y distribución potencial de un determinado compuesto. Se prefiere cuando se requiere detectar tendencias de largo plazo tales como ciclos estacionales. Es útil cuando no se tiene evidencia sobre la distribución espacial de los contaminantes en el sitio, no se conoce si existe homogeneidad o heterogeneidad, permite realizar un barrido de toda el área de estudio.

El muestreo dirigido está basado en la experiencia y juicio de los profesionales a cargo, ya que pueden identificar la presencia de contaminación por medio de las observaciones y antecedentes previos. Se elaboran hipótesis acerca del posible movimiento, distribución y destino de los plaguicidas.

Por lo general los recursos son escasos y por que se busca obtener la mayor representatividad de la presencia de los compuestos al menor costo posible. Siendo así, es recomendable realizar un sistema de muestreo dirigido. Aunque si se requiere implementar un plan de monitoreo, o no existe información previa, será mas aconsejable adoptar un muestreo sistemático.

El muestreo aleatorio compuesto, consiste en la toma de varias muestras y luego mezclarlas para obtener finalmente una muestra compuesta, para la cual hará la determinación de la concentración de las sustancias contaminantes. El valor obtenido, se debe asumir como una estimación válida del promedio que se hubiera dado para los resultados de las muestras que la componen. Lo anterior, sólo es válido si el volumen muestreado representa una población homogénea y si hay cantidades iguales de cada muestra que forma la muestra compuesta. Este procedimiento solamente se puede aplicar a sitios uniformes y con una distribución espacial de contaminantes homogénea, generando un gran ahorro de recursos, tanto humanos como económicos.

Todos estos procedimientos se pueden usar de forma combinada en un estudio de sitios contaminados, esto se conoce como procedimientos Esto es útil cuando no se conoce a priori la distribución espacial de los contaminantes.

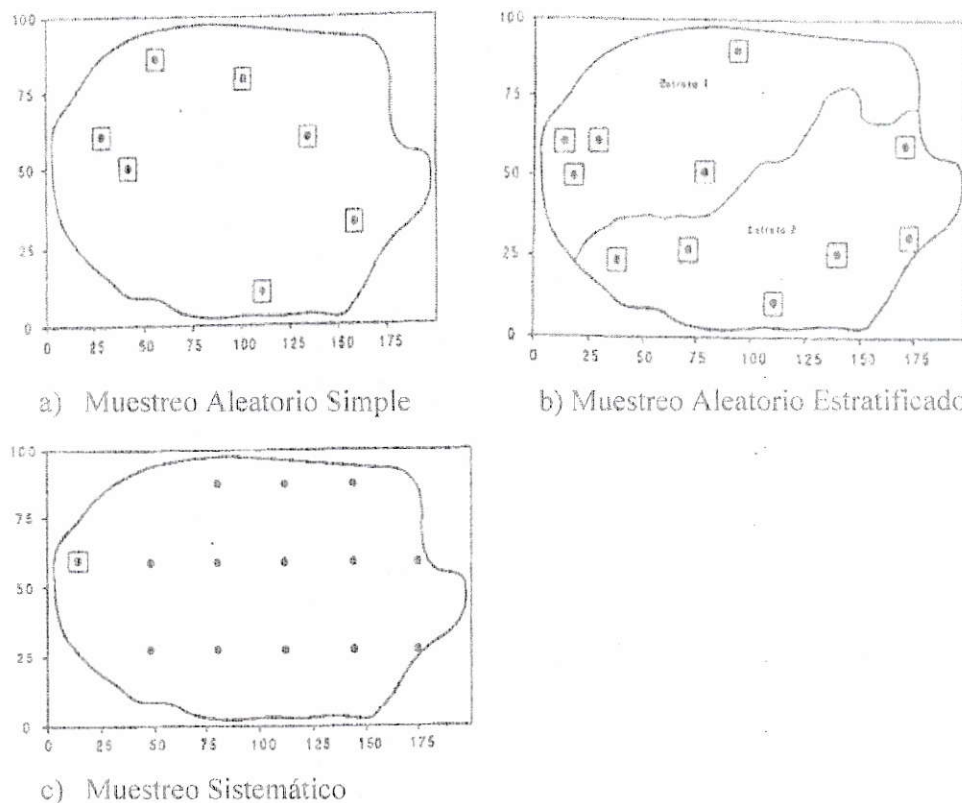


Figura 11: Esquema de muestreo a) Aleatorio Simple, b) Aleatorio Estratificado y c) Sistemático.

I.B.2: Tipos de muestras

Las muestras, en general pueden ser del tipo simples o compuestas. La muestra simple, proporciona información sobre la concentración de un determinado compuesto en un punto y momento particular. En cambio, la compuesta se obtiene con la mezcla de una serie de submuestras tomadas en distintos momentos o frecuencias, que finalmente están en un solo envase. Este tipo de muestras es útil en aquellos casos en que la muestra puede presentar mucha variabilidad de un momento a otro.

Para muestras de aguas, existen además de las anteriores, muestras en continuo y muestras integradas. Las muestras en continuo obtenidas principalmente en procesos industriales requieren monitoreo permanente. Las muestras integradas son aquellas que se obtienen cada cierto intervalo de tiempo y se mezclan en un solo envase.

I.B.3: Número de muestras

Para el caso de estudios medioambientales, con requerimientos de mayor rigor, se recomienda utilizar un método estadístico para calcular el número mínimo de muestras. Esto es de vital importancia, pues los costos de los estudios se elevan en el análisis de las muestras. Por lo tanto, es primordial realizar una determinación del número mínimo de muestras que asegure una representatividad de los niveles de contaminación de la matriz ambiental.

A continuación se describen distintos procedimientos para realizar la determinación del número de muestras, los que son aplicados tanto para aguas, suelos y sedimentos, para cada tipo de muestreo.

a) Muestreo aleatorio simple:

La aplicación de este modelo exige que el área de estudio se divida en localizaciones o unidades de muestreo, cada una podría convertirse en un punto de muestreo. El número de localizaciones a definir en cada sitio está en función de su extensión superficial, a cada una se le asocia un número, formando un listado de números aleatorios, donde la probabilidad de que cada unidad sea muestreada es igual e independiente a la que presentan el resto de unidades de muestreo.

También se puede dividir el área de estudio en coordenadas X,Y (o longitud-latitud) a las que se les asocia números aleatorios. Cada par de números aleatorios definirá un punto de muestreo. Se recomienda que en zonas pequeñas (< 0.5 ha) se tomen entre 5 y 10 muestras. Este número, por supuesto, aumenta al muestrear sectores más amplios o más variables, aunque a partir de 25 muestras disminuye la precisión. Además el número de muestras a tomar en cada sitio puede ser determinado estadísticamente en función de la precisión requerida en cuanto a error de muestreo.

b) Muestreo Aleatorio Estratificado

La aplicación de este modelo consiste en la subdividir el área de estudio en zonas homogéneas en cuanto a la distribución espacial de sustancias contaminantes, luego se realiza un muestreo aleatorio simple en cada una de tales zonas.

El número de muestras que se tomarán en cada estrato, está en función de la precisión requerida en el error de muestreo, el que puede establecerse estadísticamente. También se puede dividir proporcionalmente, el número total de muestras a tomar en la zona en función de la extensión de cada estrato.

Si se demuestra la necesidad de definir estratos en un sitio, cada estrato debería ser estudiado como si un sitio o zona posiblemente afectada.

c) Muestreo aleatorio sistemático

En este modelo, el número de muestras a tomar en una fase inicial está determinado por el número de celdas en que se ha subdividido el área de estudio, el que está en función del tamaño esta. El número de muestras puede ser estimado estadísticamente en función de la precisión requerida.

Es recomendable que la red de celdas no esté relacionada, en orientación ni en espacio. La muestra debe ser tomada en cada celda de manera aleatoria, o de forma sistemática a partir de distancias y ángulo prefijados.

I.B.4: Muestreo en suelos

I.B.4.1: Materiales y equipos

Tanto los materiales como los equipos deben ser limpiados adecuadamente y descontaminados antes de usarlos cada vez que se requiera. Antes del muestreo debe repetirse el lavado con agua, luego con un solvente para remover residuos de plaguicidas remanentes y un lavado final con agua destilada.

Para realizar el muestreo se requiere lo siguiente:

- Barrenos y muestreadores cilíndricos
- Envase de vidrio con tapas de teflón
- Solvente
- Navegador satelital (GPS)
- Etiquetas
- Lápiz marcador permanente
- Cuaderno de notas
- Hielera con cubos de hielo o hielo picado



Figura 12: Barrenos y muestreadores cilíndricos comúnmente utilizados para extraer muestras de suelo. Fuente: <http://www.soilmoisture.com>

I.B.4.2: Muestreo

Primero se debe seleccionar el método a utilizar descrito anteriormente, y trazar las líneas en el área de muestreo. El muestreo requiere dividir el lugar a muestrear en sectores homogéneos y coleccionar las muestras en cada uno de esos sectores por separado. En un muestreo de suelos típico, por lo general se analizan muestras compuestas, con lo que se obtiene una concentración promedio del plaguicida desde varios puntos de muestreo, reduciendo el número requerido de análisis de laboratorio y variabilidad de la muestra.

Si los objetivos del estudio contemplan analizar la variabilidad de un plaguicida en el suelo deben obtenerse muestras individuales junto a su ubicación espacial establecida, usando tecnologías de posicionamiento global (GPS). La elección de tomar una muestra compuesta o muestras individuales dependerá de los objetivos del estudio, el historial de aplicación del plaguicida y del tipo de plaguicida.

El muestreo es realizado, insertando el barreno a la profundidad deseada. La mayoría de los plaguicidas se adsorben fácilmente en la materia orgánica o en las arcillas del suelo. Por esta razón, los residuos de pesticidas tienden a concentrarse en la superficie disminuyendo su concentración con profundidad.

Luego se introduce la muestra en un envase de vidrio con tapa de teflón tomando precauciones para no contaminarla. Se debe evitar muestrear materiales existentes en la superficie del suelo, como material vegetal o materia orgánica. Si la

muestra tomada es compuesta, la regla general es que a mayor número de submuestras mayor será la calidad y representatividad de la muestra. Un mapa del área y un plan escrito del protocolo de muestreo ayudarán en la interpretación de los análisis de laboratorio y será esencial para el desarrollo de estudios posteriores.

Según el barreno utilizado, es posible obtener dos tipos de muestras de suelo: muestras intactas y muestras disturbadas. Para el caso de muestras intactas los barrenos poseen un cilindro interior que calza en las paredes del barreno, colectando la muestra y manteniendo la estructura física del suelo. Los barrenos para coleccionar muestras disturbadas no permiten hacer análisis físicos. El procedimiento de muestreo de suelo con barreno para muestras intactas exige retirar cuidadosamente el barreno, luego se extrae el cilindro conteniendo la muestra, éste debe sellarse inmediatamente, poniendo tapas plásticas en ambos lados, evitando la pérdida de muestra. Se debe poner el cilindro conteniendo la muestra en una bolsa plástica y transferirla a la hielera con hielo picado. En el caso de un procedimiento que no requiera una muestra intacta, ésta es extraída desde el barreno y transferida con una espátula o cuchara de teflón directamente a un envase de teflón o de vidrio.

I.B.4.3: Manejo y transporte de las muestras

Una vez obtenidas las muestras, éstas deben ser enviadas inmediatamente al laboratorio. Se recomienda introducir los envases con las muestras en bolsas plásticas en caso que ocurran derrames accidentales. Todos los paquetes deben estar bien identificados y etiquetados. En el caso que se sospeche que existen altas concentraciones de plaguicidas en las muestras, se debe hacer una indicación de este hecho, de manera que el personal que las transporte tome las precauciones del caso. Las muestras deben ser mantenidas en frío.

I.B.5: Muestreo en aguas

Para el muestreo de agua, los métodos y equipos varían si se trata de aguas superficiales o subterráneas, como también puede ser distinta la metodología usada, si se requiere muestrear aguas en movimiento (ríos, esteros, etc.) o aguas detenidas como son lagunas y lagos. Antes de obtener las muestras se debe seleccionar un sitio adecuado y representativo. Se debe considerar época del año, caudal, o estado hídrico que asegure la mayor calidad de las muestras y una alta representatividad.

I.B.5.1: Materiales y equipos

Se recomienda realizar la limpieza del recipiente de muestreo con agua destilada seguida de un proceso de secado en estufa a temperatura entre 70 y 105° C. Una vez que el envase se enfría, se enjuaga con acetona, metanol u otro solvente. Luego el envase se sella con papel aluminio para evitar contaminación. Esto se realiza bajo el protocolo de la norma chilena NCh 411/3.

Los materiales que se utilizan en el muestreo de aguas para la detección de plaguicidas son:

- Botella de 1L (vidrio color ámbar, o teflón) con tapa de teflón Agua destilada
- Ácido clorhídrico (HCl) 1M
- Solvente (acetona)
- Etiquetas adhesivas a prueba de agua
- Marcador permanente
- Hielera con hielo picado o en cubos

I.B.5.2: Muestreo

Se recomienda, de ser posible, tomar la muestra directamente en el envase que será enviado al laboratorio. Dicho envase, debe ser etiquetado adecuadamente antes del muestreo, usando un lápiz marcador permanente. La etiqueta debe incluir el nombre del colector, fecha, hora y sitio de colección. Es aconsejable realizar este procedimiento antes del viaje al sitio, pues la mayoría de las veces las muestras deben ser recolectadas rápidamente y trasladadas al laboratorio en forma inmediata.

Se selecciona un sector representativo del cuerpo de agua a muestrear, por ejemplo, para el caso de un río, en lo posible se debe tomar la muestra en un punto medio de la corriente principal y donde la velocidad sea máxima; se debe evitar muestrear en sectores muy bajos, en orillas o agua detenida. Se lava la botella varias veces usando la misma agua que se va a muestrear, utilizando guantes de látex. Luego se introduce la botella tapada a una profundidad intermedia entre la superficie y el fondo del lecho, manteniendo la boca del envase en contra de la corriente y las manos alejadas del flujo, para evitar la contaminación de la muestra. Una vez alcanzada la profundidad requerida, se retira la tapa permitiendo que la botella se llene completamente con agua, manteniendo sumergida por 30 segundos y se tapa nuevamente.

Se debe evitar golpear la botella con el fondo o con elementos del lecho del río que puedan remover sedimento y alterar el muestreo. Además, si se está muestreando desde una embarcación, se debe evitar hacerlo directamente desde la turbulencia generada por el movimiento de ésta, ya que puede remover sedimento desde el fondo.

Si se quiere aumentar la certeza y representatividad del muestreo, las muestras pueden ser compuestas, o sea, en el lugar elegido pueden tomar tres o cuatro submuestras a lo ancho del cauce y a la misma profundidad, mezclándose posteriormente para dar origen a una muestra final para el análisis de laboratorio.

Si el muestreo se va a realizar en cuerpos de agua estáticos, como lagos y lagunas, es necesario tomar muestras a distintas profundidades, ya que, en estos casos se produce un fenómeno llamado "turn over", el que se define como el intercambio vertical del agua ubicada a distintas profundidades, debido a un cambio en la densidad del agua como respuesta a los cambios de temperatura. También debido a que el sedimento ejerce una influencia importante sobre la concentración de

un plaguicida o de sus metabolitos debido a mecanismos de disolución, desorción, o precipitación asociados con la interacción sedimento-plaguicida. Además, por que los materiales en suspensión sedimentan a distintas velocidades, provocando heterogeneidad vertical.

Al existir sectores en que puede ocurrir un movimiento del agua durante el muestreo, se recomienda utilizar muestreadores en serie de forma tal que se extraigan las muestras a diferente profundidad, pero simultáneamente. Esto asegura la compatibilidad de las muestras y su posterior comparación y análisis.

Si se requiere muestrear aguas subterráneas, una de las características importantes es la profundidad del nivel freático. Para obtener muestras a diferentes profundidades, habrá que limitar la posibilidad de mezcla de agua, empleándose muestreadores con opciones de apertura a la profundidad deseada y cuidando de que el volumen de extracción no induzca efectos indeseables de sobreexplotación de acuífero. Los diferentes tipos de muestreadores empleados para la toma de muestras en pozos pueden ser:

a) Manuales: En pozos de gran diámetro y en acuíferos libres puede servir una simple botella lastrada. Si se quiere un muestreo en profundidad, se introduce la botella tapada. Muestras de superficie, pueden tomarse mediante una botella, llenada en la propia superficie.

b) Bombas peristálticas y de vacío: Las peristálticas son las más comunes, y pueden estar accionadas por un motor de corriente continua, alimentado por una batería de automóvil. Si bien teóricamente pueden captar agua de varios metros (5-8) por debajo de su ubicación, conviene que esta distancia sea mínima. Las bombas peristálticas y a vacío pueden conectarse en serie con un filtro, para evitar los gruesos procedentes de la succión.

c) Bombeo mediante gas: Para lograr grandes caudales de agua a profundidades superiores a los 100 m, se puede operar inyectando un determinado caudal de gas inerte, por ejemplo N₂, o bien aire, a una cota inferior al nivel freático. El retorno de las burbujas de gas hacia la superficie, arrastra consigo el agua. Este método requiere de un compresor o de una botella del gas comprimido, que suministre una presión superior a la ejercida por la columna de agua a muestrear.

I.B.5.3: Manejo y transporte de las muestras

Como es sabido, el análisis de las muestras se realiza lejos del sitio de recolección, por lo que se deben seguir algunos protocolos para evitar alteraciones durante su transporte.

Se recomienda, asegurar y sellar la tapa de la botella para evitar derrames accidentales, introducir el envase en la hielera con hielo (4-5 °C) y transportarlos inmediatamente al laboratorio. Idealmente, realizar los análisis dentro de las primeras 24 horas (NCh 411/3). El uso de preservantes, tales como tiosulfato de sodio es

recomendado solamente cuando se toman muestras de agua clorinada. En el caso de muestreo de agua de cauces naturales, no se menciona el uso de preservantes como un punto crítico para asegurar la calidad y representatividad de la muestra.

Es aconsejable introducir el envase que contiene la muestra en una bolsa plástica para evitar derrames en caso del rompimiento accidental de éste o de un derrame desde su tapa. Se debe evitar fumar durante el muestreo, manipulación de la muestra y transporte al laboratorio. Además deben considerarse precauciones especiales, tales como el uso de bolsas de plástico con espacios de aire, o de otro material resistente a golpes cuando se requiera enviar las muestras a laboratorios ubicados en otra ciudad o región del país.

I.B.6: Muestreo en sedimentos

El sedimento es un material compuesto por organismos vivos, material inerte, materiales orgánicos e inorgánicos que varían en su composición física, química y biológica, transportados por el agua, hielo y viento y depositados en sistemas acuáticos. Se utilizan las muestras de sedimentos para determinar la ocurrencia y distribución de un determinado plaguicida en sistemas de agua superficial, su análisis químico entrega información del transporte, cargas totales, cambios y distribución espacial y temporal de un compuesto, como también es útil para evaluar la efectividad de un determinado programa de abatimiento.

I.B.6.1: Materiales y equipos

Se debe, en primera instancia, considerar el acceso al sitio de muestreo (bote, puente, acceso a pie, etc), además de algunas características del tipo de sedimento a muestrear tales como textura, contenido de materia orgánica y su grado de consolidación. Es importante conocer las limitaciones del equipo a utilizar, ya que, si el tipo de material a muestrear es muy fino, un equipo determinado podría disturbar más la muestra que otro. Si el sedimento tiene un alto grado de consolidación, se debe elegir un equipo con ciertas características que permitan penetrar fácilmente hasta la profundidad requerida. Es de mucha importancia, tener en cuenta la portabilidad del equipo, especialmente cuando se muestrean lugares alejados y de difícil acceso.

Existen básicamente dos tipos de equipos para muestrear sedimentos; muestreadores superficiales tipo pala (muestras disturbadas) y en profundidad tipo barrenos (muestras intactas), de ambos existe una diversidad de modelos que varían en tamaño y grado de dificultad de uso, la selección de un tipo u otro solo dependerá de los objetivos del estudio, de los recursos disponibles y del tipo de muestreo.

Los muestreadores tipo pala son recomendados para flujos pequeños de agua y para aguas estáticas. Este tipo de muestreadores colectan muestras superficiales de sedimento que sirven generalmente para comparaciones temporales y espaciales, pero son susceptibles al lavado y a la dispersión del material más fino al momento de obtener una muestra.

Los muestreadores cilíndricos son usados para coleccionar material para comparaciones temporales y espaciales de la distribución de un plaguicida. La desventaja de estos equipos es que pueden producir un cierto grado de compactación de la muestra en sedimentos con bajo grado de consolidación cuando se necesite coleccionar una muestra intacta o a una profundidad específica.

Básicamente un muestreo de sedimentos requiere los siguientes materiales:

- Envase de vidrio o teflón
- Muestreador (superficial, o barreno)
- Cuerdas
- Agua destilada
- Solvente (acetona)
- Etiquetas adhesivas a prueba de agua
- Marcador indeleble
- Hielera
- Hielo en cubos o picado

I.B.6.2: Muestreo

El muestreo de sedimentos en primer lugar depende del flujo del cuerpo de agua. Si se requiere muestrear el sedimento de un cuerpo de agua de flujo permanente es recomendable elegir la época de menor flujo. Para aguas de flujo no permanente se deberá muestrear el sedimento inmediatamente después de un evento de lluvia, pues se produce escurrimiento superficial y subsuperficial desde los sectores aledaños. Para muestrear de sedimentos en cuerpos de mayor volumen de agua se recomienda utilizar equipos de seguridad tales como: chalecos salvavidas, cables, etc.

En el muestreo de sedimentos se deben tomar una serie de precauciones para asegurar la calidad de las muestras, como por ejemplo, la aproximación de la persona al punto de muestreo debe realizarse siempre desde corriente abajo, para evitar la contaminación de la muestra con sedimento proveniente desde una zona distinta. También se puede alterar por la presión y resistencia a la fricción ejercida durante la penetración del muestreador.

A continuación se presentan los distintos tipos de muestreo de sedimentos:

a) Recolección de muestras usando muestreador tipo pala (ej. "Van Veen Grab"):

Se abren las paletas del muestreador, luego se baja el equipo hasta el fondo sin realizar movimientos bruscos que puedan causar que el cable o la cuerda se suelten antes de tiempo. Una vez que el muestreador tope el fondo, éste se debe sacar lentamente para que las paletas se cierren por completo antes de subirlo. Introduzca la muestra en el envase previamente etiquetado.

b) Recolección de muestras usando palas pequeñas (cucharas):

Las palas pequeñas son baratas, ampliamente disponibles, portátiles, capaces de muestrear la mayoría de los tipos de sedimentos y fáciles de usar. Son usadas para

muestras de sedimentos en cuerpos de agua poco profundos. Sin embargo, en aguas más profundas se pueden utilizar garrochas telescópicas. Una vez que la pala alcance el fondo del lecho, debe evitarse subir la muestra muy rápido o pasarla a través de una corriente, para disminuir la pérdida de material fino.

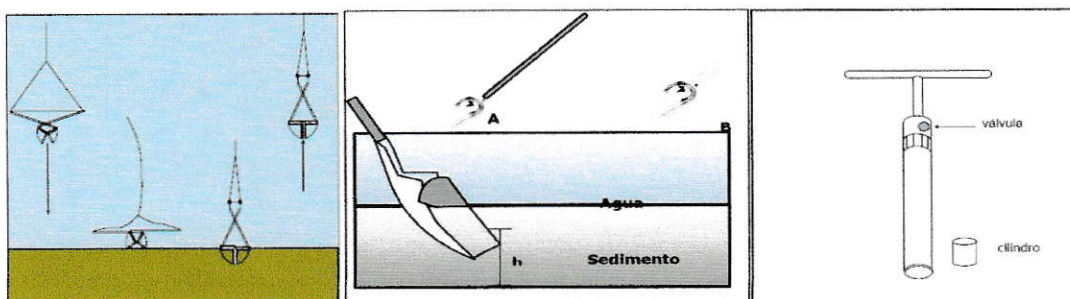
c) Recolección de muestras usando muestreador cilíndrico (barreno):

Estos muestreadores son generalmente baratos y construidos con una variedad de materiales, pueden recoger muestras a diferentes profundidades, representado mejor las variaciones de la concentración vertical, producen una menor alteración durante el muestreo y se pueden usar en sedimentos consolidados. Consiste en un tubo en el que en su parte interior se ubica un cilindro con bordes biselados y que calza con las paredes interiores del tubo. Este cilindro es el que finalmente contiene la muestra no disturbada. No funcionan bien en sedimentos arenosos, ya que la muestra que se obtiene es muy pequeña. Poseen una válvula en la parte superior que permite la salida del agua y facilita el proceso.

El muestreo se realiza ubicando lentamente el muestreador sobre el sedimento, luego se empuja hacia abajo de manera vertical hasta alcanzar la profundidad deseada. Cuidadosamente se retira y extrae el cilindro, poniendo de inmediato la tapa en ambos lados para evitar pérdida de la muestra. El cilindro que contiene la muestra se introduce en un envase de teflón o de vidrio, y es transferido a la hielera con hielo picado; se requieren tres o cuatro submuestras. En la etiqueta debe incluirse el nombre del sitio de muestreo, fecha, profundidad de muestreo y nombre del colector.

I.B.6.3: Manejo y transporte de las muestras

Si se tiene muestras disturbadas, se debe vaciar el contenido del cilindro hasta que el envase en el cual se trasladará la muestra quede casi lleno (2/3) y completar el resto del volumen del envase con agua obtenida desde el mismo lugar donde se extrajo la muestra. Luego, introducir la muestra en la hielera con hielo picado a 4°C, cubriendo el envase completamente. Si la muestra es intacta, se debe introducir el cilindro en una bolsa plástica y transportarlo en la hielera bajo las mismas condiciones anteriores.



a) Muestreador Superficial b) Muestreador Manual c) Muestreador Cilíndrico.
Figura 13: Muestreadotes de Sedimentos a) superficial, b) manual y c) cilíndrico.

ANEXO II: FICHA BÁSICA DE INSPECCIÓN

ANEXO II.A: Ficha de inspección N° 12

1.- INFORMACIÓN GENERAL
1.1.- Región: Bío - Bío
1.1.1 Provincia: Arauco
1.1.1.1 Comuna: Lebu
1.2.- Fecha de Inspección (día, mes, año): 04-02-09
1.3.- Evaluadores (máx. 5 personas): 1
1.3.1 Evaluador N°1
1.3.1.1 Nombre: Ian Niedergessaes
1.3.1.2 Teléfono/Fax: 76629949
1.3.1.3 E-mail:
1.3.1.4 Institución: DICTUC
1.3.1.5 Cargo/Relación: Evaluador
2.- IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA
2.1.- Nombre del Sitio: Aserradero A
2.2.- Localización: Lebu camino Los Álamos (Chipre Alto)
2.3.- Cerca de: Lebu
2.4.- Coordenadas
2.4.1 Este: 0620268 / 113615
2.4.2 Norte: 5832828 / 5820987
2.4.3 DATUM: <input checked="" type="radio"/> WGS 84 <input type="radio"/> PSAD 56 <input type="radio"/> SAD 69
2.4.4 HUSO: <input checked="" type="radio"/> Huso 18 Sur <input type="radio"/> Huso 19 Sur

3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO			
3.1.- Tipo de propiedad:	<input type="radio"/> Fiscal	<input checked="" type="radio"/> Privada	<input type="radio"/> Desconocida
3.2.- Nombre(s) del(os) Propietario(s):			
3.3.- Área aproximada del Sitio (Ha):			
3.4.- Estatus del sitio			
3.4.1 ¿Activo?:	<input checked="" type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No	
3.4.2 ¿Desde que año?: 1980			
3.4.3 ¿Accesible al público?:	<input checked="" type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No	
4.- FUENTE DE LA CONTAMINACIÓN PROBABLE			
4.1.- Fuente (principal) Contaminante (marque sólo una alternativa):			
<input checked="" type="radio"/> Área Industrial/Comercial	<input type="radio"/> Vertedero	<input type="radio"/> Accidentes y Derrames	
<input type="radio"/> Actividad Minera	<input type="radio"/> Botadero	<input type="radio"/> Cementerios	
<input type="radio"/> Estación de Servicio	<input type="radio"/> Actividad Agrícola	<input type="radio"/> Subestaciones de Energía	
<input type="radio"/> Relleno Sanitario	<input type="radio"/> Incineración de Residuos	<input type="radio"/> Planta de Tratamiento	
4.2.- Existencia anterior de otra fuente de contaminación:	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No	
4.3.- Si es "Si", indicar la (s) fuente (s) de contaminación:			
4.4.- Principales formas de Contaminación:			
<input type="checkbox"/> Efluentes	<input type="checkbox"/> Derrame	<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos Sólidos	
<input checked="" type="checkbox"/> Infiltraciones	<input type="checkbox"/> Emisiones	<input type="checkbox"/> Otras	

5.- POTENCIAL DE TRANSPORTE		
5.1.- Ruta de Contaminación → Suelo		
5.1.1 Granulometría predominante del Suelo (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Suelo de textura gruesa	<input type="radio"/> Suelo pedregoso	
<input checked="" type="radio"/> Suelo de textura media	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento parcial	
<input type="radio"/> Suelo de textura fina	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento total	
<input type="radio"/> Escombros	<input type="radio"/> Desconocida	
5.1.2 Fuentes de Información Obtenida (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Cartografía	<input type="radio"/> Estudios previos	
<input type="radio"/> Análisis en laboratorio	<input checked="" type="radio"/> Inspección de campo	
5.1.3 Pendiente general del Terreno (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Fuerte > 30°	<input checked="" type="radio"/> Media entre 5° y 30°	<input type="radio"/> Baja < 5°
5.2.- Ruta de Contaminación → Agua Subterránea		
5.2.1 ¿Profundidad? (marque sólo una alternativa)		
<input type="radio"/> 0 a < 5 metros	<input type="radio"/> 10 a < 20 metros	<input type="radio"/> Existe, pero no hay información
<input checked="" type="radio"/> 5 a < 10 metros	<input type="radio"/> Más de 20 metros	<input type="radio"/> No existe agua subterránea
5.2.2 ¿Cómo fue establecida la profundidad? (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Estimación visual	<input type="radio"/> Mapas/Pozos cercanos	
<input type="radio"/> Medición	<input checked="" type="radio"/> Consulta local	
5.2.3 ¿Existe algún pozo de extracción de agua subterránea dentro de un radio de 2.5 kilómetros?		
	<input checked="" type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
5.2.4 Uso del agua subterránea:		
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input checked="" type="checkbox"/> Consumo humano	<input type="checkbox"/> Industrial
<input checked="" type="checkbox"/> Riego	<input type="checkbox"/> No utilizable	

5.3.- Ruta de contaminación → Agua Superficial			
5.3.1 ¿Cuál es la distancia al curso de agua superficial más cercano (m)? (marque sólo una alternativa):			
<input type="radio"/> 0 a < 50 metros	<input type="radio"/> 200 a < 1000 metros		
<input checked="" type="radio"/> 50 a < 200 metros	<input type="radio"/> Más de 1000 metros		
5.3.2 Especificar tipo de fuente de agua (marque sólo una alternativa):			
<input type="radio"/> Lago	<input type="radio"/> Embalse	<input type="radio"/> Estero	<input type="radio"/> Canal
<input checked="" type="radio"/> Laguna	<input type="radio"/> Tranque	<input type="radio"/> Río	<input type="radio"/> Otra
5.3.3 Uso del agua superficial:			
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input type="checkbox"/> Consumo humano	<input type="checkbox"/> No utilizable	
<input checked="" type="checkbox"/> Riego	<input checked="" type="checkbox"/> Industrial		
5.4.- Ruta de contaminación → Aire			
5.4.1 Marque el (o los) receptor(es) que usted considera que pueda(n) verse afectado(s) por las emisiones provenientes de la fuente contaminante:			
<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador	<input checked="" type="checkbox"/> Residente	<input type="checkbox"/> Otro	
6.- RECEPTORES: ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CERCANIAS (r=1000m)			
6.1.- Características del Sector (marque sólo una alternativa):			
<input type="radio"/> Urbano	<input type="radio"/> Industrial	<input type="radio"/> Rural	
<input checked="" type="radio"/> Semi urbano	<input type="radio"/> Recreativo	<input type="radio"/> Otros	
6.2.- Medios Ambientales Potencialmente Impactados:			
<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Superficial	<input type="checkbox"/> Alimentos	
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Subterránea	<input type="checkbox"/> Borde Costero	

6.3.- Recursos o Actividades presentes en el Área (1,5 km):

- Población humana
 Área Recreacional
 Acuífero Explotable
 Área Pecuaria
 Área Protegida
 Área Silvestre
 Curso Agua Superficial
 Área Comercial
 Área Agrícola
 Área Silvícola
 Otros

6.4.- Evidencias de Contaminación (seleccione una opción para el Medio Ambiental correspondiente). Los criterios de evidencia deben marcarse por orden de prioridad

6.4.1 Agua:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.2 Suelo:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.3 Aire:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.4 Construcciones/Instalaciones:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.5 Flora:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.6 Fauna:

- Análisis de laboratorio
 Apariencia visual
 Olor
 Referencias locales
 Ninguna

6.4.7 Notas sobre evidencias encontradas:		
6.5.- Evidencias de rutas completas de exposición (Marcar si o no dependiendo si existe uno o más elementos seleccionados)		
6.5.1 Fuente de Contaminación:		
<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Actividad Industrial	<input type="checkbox"/> Actividad Comercial
<input type="checkbox"/> Actividad Minera	<input type="checkbox"/> Otros	
6.5.2 Medio Ambiental Potencialmente Contaminado:		
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Agua subterránea	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.3 Punto de Exposición:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residencia	<input type="checkbox"/> Área de juego	<input checked="" type="checkbox"/> Interior del sitio
<input checked="" type="checkbox"/> Interior Recinto Industrial	<input type="checkbox"/> Riachuelo	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.4 Vía de Exposición:		
<input type="checkbox"/> Inhalación	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto Dérmico	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Suelo
<input type="checkbox"/> Ingesta de Agua	<input type="checkbox"/> Ingesta de Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.5 Receptores:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residentes	<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador	<input type="checkbox"/> Persona de Paso
<input type="checkbox"/> Organismos Acuáticos	<input type="checkbox"/> Fauna del Sector	<input type="checkbox"/> Flora del Sector
6.5.5 Notas sobre sintomatología:		
6.6.- Población más Expuesta		
6.6.1 Grupo Humano más cercano al sitio:		
<input type="radio"/> Población	<input checked="" type="radio"/> Trabajadores	
6.6.2 Nombre de la población más cercana:		
Santa Rosa		

<p>6.6.3 Sólo si “Grupo Humano más cercano al sitio es la Población” (6.6.1). Distancia del sitio (m) (marque sólo una alternativa):</p> <p> <input type="radio"/> < de 50 metros <input checked="" type="radio"/> Entre 50 y 100 metros <input type="radio"/> > de 100 metros </p>
<p>6.6.4 Sólo si “Grupo Humano más cercano al sitio es la Población” (6.6.1). N° aprox. de personas (marque sólo una alternativa):</p> <p> <input type="radio"/> Menos de 50 personas <input type="radio"/> Entre 50 y 200 personas <input checked="" type="radio"/> Más de 200 personas <input type="radio"/> No hay información </p>
<p>6.6.5 Sólo si “Grupo Humano más cercano al sitio ” (6.6.1). N° aprox. de trabajadores (marque sólo una alternativa):</p> <p> <input checked="" type="radio"/> 1-100 trabajadores <input type="radio"/> 101-1000 trabajadores <input type="radio"/> Más de 1000 trabajadores <input type="radio"/> No hay información </p>
<p>6.9.- Información General de las personas entrevistadas</p>
<p>6.9.1 Nombre de la o las personas entrevistadas:</p> <p style="text-align: right;">Sr. Víctor Cisterna</p>
<p>6.9.2 Cargo / Función:</p> <p style="text-align: center;">Mantenición General</p>
<p>6.9.3 Dependencia: Oficina</p>
<p>6.9.4 Teléfono: (41) 2518021</p>
<p>6.9.5 E-mail:</p>
<p>6.9.6 Observaciones Generales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presencia de escombros en algunos sectores - Existencia de una bodega con 15 barriles que contiene aserrín contamiandos con pentaclorofenol - Probablemente al lado de la bodega quedan aserrines acumulados en el suelo que podrían estar afectados con pentaclorofenol; existe además mucho aserrín nuevo o donde no se sabe si tenía contacto o no con el baño antimancha en el pasado - Según SEREMI de Salud se usó pentaclorofenol por 14 años.

7.- ANEXOS 1 (sólo debe llenar anexo correspondiente a la principal fuente contaminante escogida en ítem 4.1)
ANEXO 1: Actividad Industrial/Comercial
7.1 Tipo de Actividad (ej: petroquímica): Aserradero
7.2 Código CIUU: 33111 (D201)
7.3 Tipo de Residuos (marque sólo una alternativa): <input type="radio"/> Ninguno <input checked="" type="radio"/> Orgánicos <input checked="" type="radio"/> Plaguicidas <input type="radio"/> Metales <input type="radio"/> Mezclas complejas <input type="radio"/> Otros
7.3.1 Especificar el Tipo de Contaminante y/o Material Potencialmente Contaminado: Aserrines con pentaclorofenol
7.5 Volumen estimado: 5.000 - 10.000 m ³
7.6 Descripción del proceso industrial en donde se genera el residuo: Aserrado de madera

ANEXO II.B: Ficha de inspección N° 17

1.- INFORMACIÓN GENERAL	
1.1.- Región: Bío - Bío	
1.1.1 Provincia: Arauco	
1.1.1.1 Comuna: Cañete	
1.2.- Fecha de Inspección (día, mes, año): 05-02-09	
1.3.- Evaluadores (máx. 5 personas): 2	
1.3.1 Evaluador N°1	
1.3.1.1 Nombre: Ian Niedergessaes	
1.3.1.2 Teléfono/Fax: 76629949	
1.3.1.3 E-mail:	
1.3.1.4 Institución: DICTUC	
1.3.1.5 Cargo/Relación: Evaluador	
2.- IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA	
2.1.- Nombre del Sitio: Aserradero B	
2.2.- Localización: Camino Cañete -- Concepción	
2.3.- Cerca de: Cañete	
2.4.- Coordenadas	
2.4.1 Este: 0642504 / 127003	
2.4.2 Norte: 5822884 / 5875423	
2.4.3 DATUM: <input checked="" type="radio"/> WGS 84 <input type="radio"/> PSAD 56 <input type="radio"/> SAD 69	
2.4.4 HUSO: <input checked="" type="radio"/> Huso 18 Sur <input type="radio"/> Huso 19 Sur	
3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO	
3.1.- Tipo de propiedad: <input type="radio"/> Fiscal <input checked="" type="radio"/> Privada <input type="radio"/> Desconocida	
3.2.- Nombre(s) del(os) Propietario(s):	

3.3.- Área aproximada del Sitio (Ha): 2		
3.4.- Estatus del sitio		
3.4.1 ¿Activo?:	<input checked="" type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No
3.4.2 ¿Desde que año?: 1985		
3.4.3 ¿Accesible al público?:	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
4.- FUENTE DE LA CONTAMINACIÓN PROBABLE		
4.1.- Fuente (principal) Contaminante (marque sólo una alternativa):		
<input checked="" type="radio"/> Área Industrial/Comercial	<input type="radio"/> Vertedero	<input type="radio"/> Accidentes y Derrames
<input type="radio"/> Actividad Minera	<input type="radio"/> Botadero	<input type="radio"/> Cementerios
<input type="radio"/> Estación de Servicio	<input type="radio"/> Actividad Agrícola	<input type="radio"/> Subestaciones de Energía
<input type="radio"/> Relleno Sanitario	<input type="radio"/> Incineración de Residuos	<input type="radio"/> Planta de Tratamiento
4.2.- Existencia anterior de otra fuente de contaminación:		<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No
4.3.- Si es "Si", indicar la (s) fuente (s) de contaminación:		
4.4.- Principales formas de Contaminación:		
<input type="checkbox"/> Efluentes	<input type="checkbox"/> Derrame	<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos Sólidos
<input checked="" type="checkbox"/> Infiltraciones	<input type="checkbox"/> Emisiones	<input type="checkbox"/> Otras
5.- POTENCIAL DE TRANSPORTE		
5.1.- Ruta de Contaminación → Suelo		
5.1.1 Granulometría predominante del Suelo (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Suelo de textura gruesa	<input type="radio"/> Suelo pedregoso	
<input type="radio"/> Suelo de textura media	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento parcial	
<input checked="" type="radio"/> Suelo de textura fina	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento total	
<input type="radio"/> Escombros	<input type="radio"/> Desconocida	

5.1.2 Fuentes de Información Obtenida (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Cartografía	<input type="radio"/> Estudios previos
<input type="radio"/> Análisis en laboratorio	<input checked="" type="radio"/> Inspección de campo
5.1.3 Pendiente general del Terreno (marque sólo una alternativa):	
<input checked="" type="radio"/> Fuerte > 30°	<input type="radio"/> Media entre 5° y 30°
	<input type="radio"/> Baja < 5°
5.2.- Ruta de Contaminación → Agua Subterránea	
5.2.1 ¿Profundidad? (marque sólo una alternativa)	
<input type="radio"/> 0 a < 5 metros	<input type="radio"/> 10 a < 20 metros
	<input type="radio"/> Existe, pero no hay información
<input type="radio"/> 5 a < 10 metros	<input checked="" type="radio"/> Más de 20 metros
	<input type="radio"/> No existe agua subterránea
5.2.2 ¿Cómo fue establecida la profundidad? (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Estimación visual	<input type="radio"/> Mapas/Pozos cercanos
<input type="radio"/> Medición	<input checked="" type="radio"/> Consulta local
5.2.3 ¿Existe algún pozo de extracción de agua subterránea dentro de un radio de 2.5 kilómetros?	
	<input checked="" type="radio"/> Sí
	<input type="radio"/> No
5.2.4 Uso del agua subterránea:	
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input checked="" type="checkbox"/> Consumo humano
	<input checked="" type="checkbox"/> Industrial
<input checked="" type="checkbox"/> Riego	<input type="checkbox"/> No utilizable
5.3.- Ruta de contaminación → Agua Superficial	
5.3.1 ¿Cuál es la distancia al curso de agua superficial más cercano (m)? (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> 0 a < 50 metros	<input type="radio"/> 200 a < 1000 metros
<input checked="" type="radio"/> 50 a < 200 metros	<input type="radio"/> Más de 1000 metros
5.3.2 Especificar tipo de fuente de agua (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Lago	<input type="radio"/> Embalse
	<input checked="" type="radio"/> Estero
	<input type="radio"/> Canal
<input type="radio"/> Laguna	<input type="radio"/> Tranque
	<input type="radio"/> Río
	<input type="radio"/> Otra

5.3.3 Uso del agua superficial:			
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input type="checkbox"/> Consumo humano	<input checked="" type="checkbox"/> No utilizable	
<input type="checkbox"/> Riego	<input type="checkbox"/> Industrial		
5.4.- Ruta de contaminación → Aire			
5.4.1 Marque el (o los) receptor(es) que usted considera que pueda(n) verse afectado(s) por las emisiones provenientes de la fuente contaminante:			
<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador	<input checked="" type="checkbox"/> Residente	<input type="checkbox"/> Otro	
6.- RECEPTORES: ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CERCANIAS (r=1000m)			
6.1.- Características del Sector (marque sólo una alternativa):			
<input type="radio"/> Urbano	<input type="radio"/> Industrial	<input checked="" type="radio"/> Rural	
<input type="radio"/> Semi urbano	<input type="radio"/> Recreativo	<input type="radio"/> Otros	
6.2.- Medios Ambientales Potencialmente Impactados:			
<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Subterránea	<input type="checkbox"/> Borde Costero	
6.3.- Recursos o Actividades presentes en el Área (1,5 km):			
<input checked="" type="checkbox"/> Población humana	<input type="checkbox"/> Área Recreacional	<input type="checkbox"/> Acuífero Explotable	<input type="checkbox"/> Área Pecuaria
<input type="checkbox"/> Área Protegida	<input type="checkbox"/> Área Silvestre	<input type="checkbox"/> Curso Agua Superficial	<input type="checkbox"/> Área Comercial
<input checked="" type="checkbox"/> Área Agrícola	<input checked="" type="checkbox"/> Área Silvícola	<input type="checkbox"/> Otros	
6.4.- Evidencias de Contaminación (seleccione una opción para el Medio Ambiental correspondiente). Los criterios de evidencia deben marcarse por orden de prioridad			
6.4.1 Agua:			
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor	
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna		
6.4.2 Suelo:			
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor	
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna		

6.4.3 Aire:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.4 Construcciones/Instalaciones:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.5 Flora:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.6 Fauna:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.7 Notas sobre evidencias encontradas:		
6.5.- Evidencias de rutas completas de exposición (Marcar si o no dependiendo si existe uno o más elementos seleccionados)		
6.5.1 Fuente de Contaminación:		
<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Actividad Industrial	<input type="checkbox"/> Actividad Comercial
<input type="checkbox"/> Actividad Minera	<input type="checkbox"/> Otros	
6.5.2 Medio Ambiental Potencialmente Contaminado:		
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Agua subterránea	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.3 Punto de Exposición:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residencia	<input type="checkbox"/> Área de juego	<input checked="" type="checkbox"/> Interior del sitio
<input checked="" type="checkbox"/> Interior Recinto Industrial	<input checked="" type="checkbox"/> Riachuelo	<input type="checkbox"/> Otros

6.5.4 Vía de Exposición:		
<input type="checkbox"/> Inhalación	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto Dérmico	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Suelo
<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Agua	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.5 Receptores:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residentes	<input checked="" type="checkbox"/> Trabajador	<input type="checkbox"/> Persona de Paso
<input type="checkbox"/> Organismos Acuáticos	<input type="checkbox"/> Fauna del Sector	<input type="checkbox"/> Flora del Sector
6.5.5 Notas sobre sintomatología:		
6.6.- Población más Expuesta		
6.6.1 Grupo Humano más cercano al sitio:		
<input checked="" type="radio"/> Población	<input checked="" type="radio"/> Trabajadores	
6.6.2 Nombre de la población más cercana:		
Santa Rosa		
6.6.3 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio es la Población" (6.6.1). Distancia del sitio (m) (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> < de 50 metros	<input type="radio"/> Entre 50 y 100 metros	<input checked="" type="radio"/> > de 100 metros
6.6.4 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio es la Población" (6.6.1). N° aprox. de personas (marque sólo una alternativa):		
<input checked="" type="radio"/> Menos de 50 personas	<input type="radio"/> Entre 50 y 200 personas	
<input type="radio"/> Más de 200 personas	<input type="radio"/> No hay información	
6.6.5 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio " (6.6.1). N° aprox. de trabajadores (marque sólo una alternativa):		
<input checked="" type="radio"/> 1-100 trabajadores	<input type="radio"/> 101-1000 trabajadores	
<input type="radio"/> Más de 1000 trabajadores	<input type="radio"/> No hay información	
6.9.- Información General de las personas entrevistadas		
6.9.1 Nombre de la o las personas entrevistadas:		
Sr. José Horacio Antipil Carrillo		

6.9.2 Cargo / Función:	Cuidador
6.9.3 Dependencia: Oficina	
6.9.4 Teléfono: 84099275	
6.9.5 E-mail:	
6.9.6 Observaciones Generales:	<ul style="list-style-type: none"> - El entrevistado menciona que le baño fue mayormente de forma artesanal en una tina - El suelo debajo de la tina es de hormigon impermeable - Todo el aserrín se depositó junto, no había tratamiento específico de los residuos contaminados con pentaclorofenol.
7.- ANEXOS 1	
	(sólo debe llenar anexo correspondiente a la principal fuente contaminante escogida en ítem 4.1)
ANEXO 1: Actividad Industrial/Comercial	
7.1 Tipo de Actividad (ej: petroquímica): Aserradero	
7.2 Código CIUU: 33111 (D201)	
7.3 Tipo de Residuos (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Ninguno <input checked="" type="radio"/> Orgánicos <input type="radio"/> Plaguicidas	
<input type="radio"/> Metales <input type="radio"/> Mezclas complejas <input type="radio"/> Otros	
7.3.1 Especificar el Tipo de Contaminante y/o Material Potencialmente Contaminado:	
	Aserrines con pentaclorofenol
7.5 Volumen estimado: 1.000 m ³	
7.6 Descripción del proceso industrial en donde se genera el residuo:	
	Aserrado de madera

ANEXO I.L.C: Ficha de inspección N° 31

1.- INFORMACIÓN GENERAL	
1.1.- Región: Bío - Bío	
1.1.1 Provincia: Bío - Bío	
1.1.1.1 Comuna: Tucapel	
1.2.- Fecha de Inspección (día, mes, año): 12-02-09	
1.3.- Evaluadores (máx. 5 personas): 2	
1.3.1 Evaluador N°1	
1.3.1.1 Nombre: Ian Niedergessaes	
1.3.1.2 Teléfono/Fax: 76629949	
1.3.1.3 E-mail:	
1.3.1.4 Institución: DICTUC	
1.3.1.5 Cargo/Relación: Evaluador	
2.- IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA	
2.1.- Nombre del Sitio: Aserradero C	
2.2.- Localización: Polcura	
2.3.- Cerca de: Trupan	
2.4.- Coordenadas	
2.4.1 Este: 0258679	
2.4.2 Norte: 5869458	
2.4.3 DATUM: <input checked="" type="radio"/> WGS 84 <input type="radio"/> PSAD 56 <input type="radio"/> SAD 69	
2.4.4 HUSO: <input type="radio"/> Huso 18 Sur <input checked="" type="radio"/> Huso 19 Sur	
3.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SITIO	
3.1.- Tipo de propiedad: <input type="radio"/> Fiscal <input checked="" type="radio"/> Privada <input type="radio"/> Desconocida	
3.2.- Nombre(s) del(os) Propietario(s):	
3.3.- Área aproximada del Sitio (Ha): 2	

3.4.- Estatus del sitio		
3.4.1 ¿Activo?:	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
3.4.2 ¿Desde que año?: 2006		
3.4.3 ¿Accesible al público?:	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
4.- FUENTE DE LA CONTAMINACIÓN PROBABLE		
4.1.- Fuente (principal) Contaminante (marque sólo una alternativa):		
<input checked="" type="radio"/> Área Industrial/Comercial	<input type="radio"/> Vertedero	<input type="radio"/> Accidentes y Derrames
<input type="radio"/> Actividad Minera	<input type="radio"/> Botadero	<input type="radio"/> Cementerios
<input type="radio"/> Estación de Servicio	<input type="radio"/> Actividad Agrícola	<input type="radio"/> Subestaciones de Energía
<input type="radio"/> Relleno Sanitario	<input type="radio"/> Incineración de Residuos	<input type="radio"/> Planta de Tratamiento
4.2.- Existencia anterior de otra fuente de contaminación:	<input type="radio"/> Si	<input checked="" type="radio"/> No
4.3.- Si es "Si", indicar la (s) fuente (s) de contaminación:		
4.4.- Principales formas de Contaminación:		
<input type="checkbox"/> Efluentes	<input type="checkbox"/> Derrame	<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos Sólidos
<input checked="" type="checkbox"/> Infiltraciones	<input type="checkbox"/> Emisiones	<input type="checkbox"/> Otras
5.- POTENCIAL DE TRANSPORTE		
5.1.- Ruta de Contaminación → Suelo		
5.1.1 Granulometría predominante del Suelo (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Suelo de textura gruesa	<input checked="" type="radio"/> Suelo pedregoso	
<input type="radio"/> Suelo de textura media	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento parcial	
<input type="radio"/> Suelo de textura fina	<input type="radio"/> Suelo con recubrimiento total	
<input type="radio"/> Escombros	<input type="radio"/> Desconocida	

5.1.2 Fuentes de Información Obtenida (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Cartografía	<input type="radio"/> Estudios previos
<input type="radio"/> Análisis en laboratorio	<input checked="" type="radio"/> Inspección de campo
5.1.3 Pendiente general del Terreno (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Fuerte > 30°	<input type="radio"/> Media entre 5° y 30°
	<input checked="" type="radio"/> Baja < 5°
5.2.- Ruta de Contaminación → Agua Subterránea	
5.2.1 ¿Profundidad? (marque sólo una alternativa)	
<input type="radio"/> 0 a < 5 metros	<input type="radio"/> 10 a < 20 metros
<input checked="" type="radio"/> 5 a < 10 metros	<input type="radio"/> Más de 20 metros
	<input type="radio"/> Existe, pero no hay información
	<input type="radio"/> No existe agua subterránea
5.2.2 ¿Cómo fue establecida la profundidad? (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Estimación visual	<input type="radio"/> Mapas/Pozos cercanos
<input type="radio"/> Medición	<input checked="" type="radio"/> Consulta local
5.2.3 ¿Existe algún pozo de extracción de agua subterránea dentro de un radio de 2.5 kilómetros?	
	<input checked="" type="radio"/> Sí
	<input type="radio"/> No
5.2.4 Uso del agua subterránea:	
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input type="checkbox"/> Consumo humano
	<input type="checkbox"/> Industrial
<input checked="" type="checkbox"/> Riego	<input type="checkbox"/> No utilizable
5.3.- Ruta de contaminación → Agua Superficial	
5.3.1 ¿Cuál es la distancia al curso de agua superficial más cercano (m)? (marque sólo una alternativa):	
<input checked="" type="radio"/> 0 a < 50 metros	<input type="radio"/> 200 a < 1000 metros
<input type="radio"/> 50 a < 200 metros	<input type="radio"/> Más de 1000 metros
5.3.2 Especificar tipo de fuente de agua (marque sólo una alternativa):	
<input type="radio"/> Lago	<input type="radio"/> Embalse
	<input type="radio"/> Estero
	<input checked="" type="radio"/> Canal
<input type="radio"/> Laguna	<input type="radio"/> Tranque
	<input type="radio"/> Río
	<input type="radio"/> Otra

5.3.3 Uso del agua superficial:			
<input type="checkbox"/> Recreacional	<input type="checkbox"/> Consumo humano	<input type="checkbox"/> No utilizable	
<input checked="" type="checkbox"/> Riego	<input type="checkbox"/> Industrial		
5.4.- Ruta de contaminación → Aire			
5.4.1 Marque el (o los) receptor(es) que usted considera que pueda(n) verse afectado(s) por las emisiones provenientes de la fuente contaminante:			
<input type="checkbox"/> Trabajador	<input checked="" type="checkbox"/> Residente	<input type="checkbox"/> Otro	
6.- RECEPTORES: ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LAS CERCANIAS (r=1000m)			
6.1.- Características del Sector (marque sólo una alternativa):			
<input checked="" type="radio"/> Urbano	<input type="radio"/> Industrial	<input type="radio"/> Rural	
<input type="radio"/> Semi urbano	<input type="radio"/> Recreativo	<input type="radio"/> Otros	
6.2.- Medios Ambientales Potencialmente Impactados:			
<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Superficial	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input checked="" type="checkbox"/> Agua Subterránea	<input type="checkbox"/> Borde Costero	
6.3.- Recursos o Actividades presentes en el Área (1,5 km):			
<input checked="" type="checkbox"/> Población humana	<input type="checkbox"/> Área Recreacional	<input type="checkbox"/> Acuífero Explotable	<input type="checkbox"/> Área Pecuaria
<input type="checkbox"/> Área Protegida	<input type="checkbox"/> Área Silvestre	<input type="checkbox"/> Curso Agua Superficial.	<input type="checkbox"/> Área Comercial
<input checked="" type="checkbox"/> Área Agrícola	<input type="checkbox"/> Área Silvícola	<input type="checkbox"/> Otros	
6.4.- Evidencias de Contaminación (seleccione una opción para el Medio Ambiental correspondiente). Los criterios de evidencia deben marcarse por orden de prioridad			
6.4.1 Agua:			
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor	
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna		
6.4.2 Suelo:			
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor	
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna		

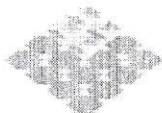
6.4.3 Aire:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.4 Construcciones/Instalaciones:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.5 Flora:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.6 Fauna:		
<input type="radio"/> Análisis de laboratorio	<input type="radio"/> Apariencia visual	<input type="radio"/> Olor
<input type="radio"/> Referencias locales	<input checked="" type="radio"/> Ninguna	
6.4.7 Notas sobre evidencias encontradas:		
6.5.- Evidencias de rutas completas de exposición (Marcar si o no dependiendo si existe uno o más elementos seleccionados)		
6.5.1 Fuente de Contaminación:		
<input checked="" type="checkbox"/> Disposición de Residuos	<input checked="" type="checkbox"/> Actividad Industrial	<input type="checkbox"/> Actividad Comercial
<input type="checkbox"/> Actividad Minera	<input type="checkbox"/> Otros	
6.5.2 Medio Ambiental Potencialmente Contaminado:		
<input checked="" type="checkbox"/> Suelo	<input type="checkbox"/> Aire	<input checked="" type="checkbox"/> Agua superficial
<input checked="" type="checkbox"/> Agua subterránea	<input checked="" type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.3 Punto de Exposición:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residencia	<input type="checkbox"/> Área de juego	<input checked="" type="checkbox"/> Interior del sitio
<input checked="" type="checkbox"/> Interior Recinto Industrial	<input checked="" type="checkbox"/> Riachuelo	<input type="checkbox"/> Otros

6.5.4 Vía de Exposición:		
<input type="checkbox"/> Inhalación	<input checked="" type="checkbox"/> Contacto Dérmico	<input type="checkbox"/> Ingesta de Suelo
<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Agua	<input checked="" type="checkbox"/> Ingesta de Alimentos	<input type="checkbox"/> Otros
6.5.5 Receptores:		
<input checked="" type="checkbox"/> Residentes	<input type="checkbox"/> Trabajador	<input type="checkbox"/> Persona de Paso
<input type="checkbox"/> Organismos Acuáticos	<input type="checkbox"/> Fauna del Sector	<input type="checkbox"/> Flora del Sector
6.5.5 Notas sobre sintomatología:		
6.6.- Población más Expuesta		
6.6.1 Grupo Humano más cercano al sitio:		
<input checked="" type="radio"/> Población	<input type="radio"/> Trabajadores	
6.6.2 Nombre de la población más cercana:		
Polcura		
6.6.3 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio es la Población" (6.6.1). Distancia del sitio (m) (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> < de 50 metros	<input checked="" type="radio"/> Entre 50 y 100 metros	<input type="radio"/> > de 100 metros
6.6.4 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio es la Población" (6.6.1). N° aprox. de personas (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> Menos de 50 personas	<input type="radio"/> Entre 50 y 200 personas	<input type="radio"/> No hay información
<input checked="" type="radio"/> Más de 200 personas		
6.6.5 Sólo si "Grupo Humano más cercano al sitio" (6.6.1). N° aprox. de trabajadores (marque sólo una alternativa):		
<input type="radio"/> 1-100 trabajadores	<input type="radio"/> 101-1000 trabajadores	<input type="radio"/> No hay información
<input type="radio"/> Más de 1000 trabajadores		
6.9.- Información General de las personas entrevistadas		
6.9.1 Nombre de la o las personas entrevistadas:		
Sr. Celestino Gatica		

6.9.2 Cargo / Función:	Cuidador
6.9.3 Dependencia:	
6.9.4 Teléfono:	
6.9.5 E-mail:	
6.9.6 Observaciones Generales:	<ul style="list-style-type: none"> - Presencia de polvo de aserrín - Existen chacras de casas en alrededores - Cuando el río subía habían inundaciones, inundando también la pila de aserrín - Existen estudios donde se encuentra presencia de metales y residuos orgánicos - El baño con pentaclorofenol del 100% de la producción desde el año 1985 hasta el año 2000, por lo que todo el aserrín está potencialmente contaminado - Existe una fuente para captura de agua potable para el pueblo; según estudios el contenido de fenoles suera la norma.
7.- ANEXOS 1	(sólo debe llenar anexo correspondiente a la principal fuente contaminante escogida en ítem 4.1)
ANEXO 1: Actividad Industrial/Comercial	
7.1 Tipo de Actividad (ej: petroquímica):	Aserradero
7.2 Código CIUU: 33111 (D201)	
7.3 Tipo de Residuos (marque sólo una alternativa):	<input type="radio"/> Ninguno <input checked="" type="radio"/> Orgánicos <input type="radio"/> Plaguicidas <input checked="" type="radio"/> Metales <input type="radio"/> Mezclas complejas <input type="radio"/> Otros
7.3.1 Especificar el Tipo de Contaminante y/o Material Potencialmente Contaminado:	Aserrines con pentaclorofenol
7.5 Volumen estimado:	300.000 m ³
7.6 Descripción del proceso industrial en donde se genera el residuo:	Aserrado de madera

ANEXO III: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS EN ASERRADERO C
(TRANSCRITOS)

ANEXO III.A: Análisis físicoquímico agua red pública



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD

REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD
REGION DEL BIOBIO
OFICINA PROVINCIAL BIOBIO

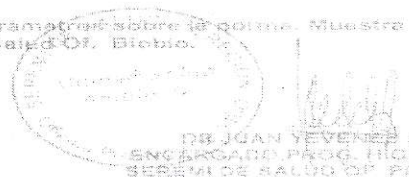
ANALISIS FISICO QUIMICO

Protocolo N° : 52
Clave : Q145
Procedencia : oficina A.P.R. Polcura
Propietario : Cooperativa A.P.R. Polcura Ltda.
Dirección : Avda. Matta 540 - Polcura
Tipo de Muestra : agua red pública para bebida
Fecha de Obtención : sept. 2006
Fecha informada : 10 oct. 2006
Hora de Obtención : --

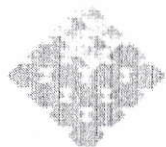
RESULTADO

	PPM
Fenol	0,2 *
Nitrito	0,02
Manganeso	<0,5
Amonio	<0,1
Cobre	15
Cianuro	<0,025
Hierro	<0,05
Cromo	<0,10
Cloro	<10
Turbidez	<10
Ph	7,0

OBSERVACIONES: Parametros sobre la calidad. Muestra personal Seremi de Salud Of. Biobio.



ANEXO III.B: Análisis fisicoquímico de aguas de pozo



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD

SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD
REGIÓN DEL BIÓBIO
OFICINA PROVINCIAL BIÓBIO
LABORATORIO DEL AMBIENTE

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS

Protocolo N° : 09
Clave : Q-27
Procedencia : A.P.R. POLCURA
Nombre y/o Rep. Legal: COOPERATIVA A.P.R. POLCURA
Dirección : AVDA. MATTA 540
Tipo de Muestra : AGUA DE POZO
Fecha de Obtención : 28/03/2007
Fecha informada : 11/04/2007
Hora de Obtención : 13:00 Hrs.

ANALITOS	PPM
FENOL	<0.1
NITRITOS	<0.02
MANGANESO	<0.5
AMONIO	<0.1
COBRE	<0.05
CIANURO	<0.025
HIERRO	<0.05
CROMO	<0.01
CLORO	<10
TURBIDEZ (UNF)	<10
pH	6.50

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por: Personal SEREMI SALUD
OFICINA PROVINCIAL BIO BIO.

OBSERVACIONES: Parámetros sobre la norma. Muestra
personal Seremi de Salud Of. Biobio.

DE JUAN REVERENDI
INGENIERO PROF. EN
SEREMI DE SALUD OF. BIÓBIO

ANEXO III.C: Análisis fisicoquímico de aguas de pozo



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE SALUD

SECRETARIA REGIONAL MINISTERIAL DE SALUD
REGION DEL BIOBIO
OFICINA PROVINCIAL BIOBIO
LABORATORIO DEL AMBIENTE


ANALISIS MICROBIOLOGICO DE AGUAS

Protocolo N° : 30
Clave : Q-64
Procedencia : PLANTA AGUA POTABLE
Nombre y/o Rep. Legal: COOPERATIVA A.P.R. POLCURA
Dirección : AVDA. MATTA 540
Tipo de Muestra : AGUA DE POZO
Fecha de Obtención : 28/05/2007
Fecha informada : 06/06/2007
Hora de Obtención : --

ANALITOS	PPM
FENOL	<0.1
NITRITOS	<0.02
MANGANESO	<0.5
AMONIO	<0.1
COBRE	<0.05
CIANURO	<0.025
HIERRO	<0.05
CROMO	<0.01
COLORO	<10
TURBIDEZ (UNF)	<10
pH	6.21

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por: Personal SEREMI SALUD
OFICINA PROVINCIAL BIO BIO.

OBSERVACIONES: Parámetro de abstracción. Muestra personal Seremi de Salud Of. Biobio.


 DE JUAN VEJENES
 ENCARGADO PROC. HIGI
 SEREMI DE SALUD OF. BI

ANEXO III.D: Análisis fisicoquímico de aguas de puntera



EMPRESA	COOPERATIVA AGUA POTABLE POLCURA LTDA
ATENCIÓN	SRTA. SORAIDA MUÑOZ
DIRECCIÓN	AVENIDA MATTA N° 540 POLCURA
CIUDAD	TUCAPEL FON: 43 - 1974410
ANÁLISIS SOLICITADOS	ESPECIFICADOS
NÚMERO DE MUESTRAS	01
TIPO	AGUA DE PUNTERA
INGRESO	VIERNES 15 DE JUNIO DE 2007
INICIO Y TÉRMINO DE ANÁLISIS	15-06-07 - 26-06-07
CODIGO EXTERNO	AGUA CRUDA COOPERATIVA POLCURA - AVENIDA MATTA N° 524
CODIGO INTERNO	15-06-2007 - 11:30 H. - TOMA DE MUESTRA SR. HECTOR LUARTE
FECHA DE INFORME	7302
	27 DE JUNIO DE 2007

INFORME N° 7302

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y TURBIEDAD		
01 COLIFORMES TOTALES ¹	nmp/100mL	< 2,0
02 ESCHERICHIA COLI ¹	nmp/100mL	< 2,0
03 TURBIEDAD	UNT	0,07
ELEMENTOS ESENCIALES		
04 COBRE	mg/L	< 0,05
05 CROMO TOTAL	mg/L	< 0,05
06 FLUORURO	mg/L	< 0,01
07 HIERRO	mg/L	0,06
08 MANGANESO	mg/L	< 0,05
09 MAGNESIO	mg/L	2,5
10 SELENIO	mg/L	< 0,005
11 ZINC	mg/L	< 0,05
ELEMENTOS O SUSTANCIAS NO ESENCIALES		
12 ARSÉNICO	mg/L	< 0,01
13 CADMIO	mg/L	< 0,01
14 CIANURO	mg/L	< 0,01
15 MERCURIO	mg/L	< 0,001
16 NITRATO	mg/L	0,24
17 NITRITO	mg/L	0,008
18 RAZÓN NITRATO + NITRITO	---	0,007
19 PLOMO	mg/L	< 0,02
PARAMETROS RELATIVOS A CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS		
20 COLOR VERDADERO	Unidad Pt Co	5
21 OLOR	---	INODORA
22 SABOR	---	INSÍPIDA
INORGÁNICOS		
23 AMONIACO	mg/L	0,29
24 CLORURO	mg/L	12
25 pH	Unidades de pH	6,04
26 SULFATO	mg/L	0,13
27 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	58,1
ORGÁNICOS		
28 COMPUESTOS FENÓLICOS	µg/L	< 1

NOTAS

- 1 SUBCONTRATACIÓN DE SERVICIOS A ENTIDAD AUTORIZADA
- 2 MUESTRA RECEPCIONADA EN LABORATORIO

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS
MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS AGUA POTABLE SISS 1967
STANDARD METHODS 21th EDITION 2005

ORIGINAL I-7302 PAGINA 01 DE 01



[Signature]
VERÓNICA SILLAS
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO IV: MÉTODOS ANALÍTICOS

ANEXO IV.A.- Cromatografía de gases

En la cromatografía de gases, la muestra se inyecta en la fase móvil, la cual es un gas inerte (generalmente He), en la que los distintos componentes de la muestra pasan a través de la fase estacionaria que se encuentra fijada en una columna.

La columna se encuentra dentro de un horno con programación de temperatura. La velocidad de migración de cada componente (y en consecuencia su tiempo de retención en la columna) será función de su distribución entre la fase móvil y la fase estacionaria.

Cada soluto presente en la muestra tiene una diferente afinidad hacia la fase estacionaria, lo que permite su separación: los componentes fuertemente retenidos por esta fase se moverán lentamente en la fase móvil, mientras que los débilmente retenidos lo harán rápidamente; por lo general, a mayor presión de vapor, menor tiempo de retención en la columna. Como consecuencia de esta diferencia de movilidad, los diversos componentes de la muestra se separan en bandas que pueden analizarse tanto cualitativa como cuantitativamente mediante el empleo de los detectores seleccionados.

Existen tres técnicas básicas de inyección de muestras (líquidas o gaseosas) en columnas capilares: split, split-less y on column. Las dos primeras consisten en inyectar y vaporizar la muestra en una cámara de vaporización. El sistema split desvía la mayor parte de la muestra fuera del sistema cromatográfico y envía sólo una pequeña fracción a la columna. El método split-less dirige toda la muestra a la columna, por lo que resulta más adecuado para el análisis de trazas o de componentes muy volátiles. La inyección on column se lleva a cabo en frío, eliminando la etapa de vaporización que podría producir la descomposición de los compuestos termolábiles.

ANEXO IV.A.1.- Detector de capturas de electrones

Un detector, es la parte del cromatógrafo que se encarga de determinar cuándo ha salido el analito por el final de la columna. El detector ideal posee las siguientes características:

- Sensibilidad (10^{-8} y 10^{-15}),
- Respuesta lineal con un rango de varios órdenes de magnitud,
- Tiempo de respuesta corto,
- Intervalo de temperatura de trabajo amplio (hasta 350-400 °C),
- No debe destruir la muestra,
- Estabilidad y reproducibilidad,
- Alta fiabilidad y manejo sencillo,
- Respuesta semejante para todos los analitos, y
- Respuesta selectiva y altamente predecible para número de analitos.

El detector de captura de electrones (EDC) es un tipo de detector utilizado en cromatografía de gases. Su funcionamiento se basa en la emisión de una partícula β (electrón) por parte de átomos como el ^{63}Ni o tritio adsorbido sobre una placa de platino o titanio.

El ECD contiene unos 5 millicurios de emisor β . Dicho electrón ioniza el gas portador y se produce una ráfaga de electrones. Si se aplica un campo eléctrico constante, mediante un par de electrodos, se tendrá una corriente constante entre ambos, del orden de un nanoamperio. Sin embargo, si se tienen especies orgánicas en el gas, éstas capturarán parte de los electrones, disminuyendo por tanto la intensidad de la corriente. Es necesario aplicar el potencial en forma de impulsos para lograr una respuesta lineal del detector.

Es muy selectivo, y es sensible a la presencia de moléculas con grupos electronegativos como halógenos, peróxidos, quinonas y grupos nitro. grupos que contienen átomos de halógeno (cloro, bromo, yodo), oxígeno y nitrógeno. Otros grupos como el alcohol, amina e hidrocarburos no dan señal. Se aplica en la detección de moléculas que contienen halógenos, principalmente cloro, como algunos insecticidas o PCB's.

Tiene como ventajas que es simple y robusto, tiene bajo mantenimiento, no es destructivo y es muy sensible, del orden de 10^{-12}g/mL de gas portador. Sus desventajas son un bajo rango dinámico lineal, 10^2 unidades, se debe tener precauciones de uso debido a la presencia de material radiactivo (^{63}Ni o tritio).

ANEXO IV.B.- Espectrometría de masas

La espectrometría de masas es una de las técnicas analíticas más completas que existen. Se utiliza en investigación, análisis de rutina de procesos industriales, control de calidad, entre otros.

Sus principales ventajas son la capacidad de identificación certera, pues entrega un espectro característico de cada molécula, permite determinar concentración, posee gran sensibilidad, es universal y específica; además, proporciona información estructural sobre la molécula analizada, suministra información isotópica, es una técnica rápida, puede monitorizarse para obtener información en tiempo real sobre la composición de una mezcla de gases.

Dentro del espectrómetro de masas, se procede a la ionización de la muestra mediante diferentes métodos. El sistema de ionización más frecuente es el de impacto electrónico que bombardea las moléculas con electrones de una cierta energía, capaces de provocar la emisión estimulada de un electrón de las moléculas y así ionizarlas. Además de moléculas ionizadas o iones moleculares (M^+) también se forman iones fragmento debido a la descomposición de los iones moleculares con exceso de energía. El tipo y proporción relativa de cada uno de estos fragmentos es característico de las moléculas analizadas y de las condiciones del proceso de ionización. Una vez ionizadas las moléculas, se aceleran y se conducen hacia el sistema colector mediante campos eléctricos o magnéticos. La velocidad alcanzada por cada ión será dependiente de su masa. La detección consecutiva de los iones formados a partir de las moléculas de la muestra, suponiendo que se trate de una sustancia pura, produce el espectro de masas de la sustancia, que es diferente para cada compuesto químico y que constituye una identificación prácticamente inequívoca del compuesto analizado.

ANEXO IV.C.- Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas

La cromatografía de gases es una técnica separativa que tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy complejas. Pero una vez separados, detectados, e incluso cuantificados todos los componentes individuales de una muestra problema, el único dato de que se dispone para la identificación de cada uno de ellos es el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos, lo que no es suficiente para una identificación inequívoca. Por otra parte, la espectrometría de masas puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

La asociación de las dos técnicas, da origen a una técnica combinada que permite la separación e identificación de mezclas complejas. La utilización de la cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas requiere sistemas especiales de conexión. En principio, se trata de dos técnicas que trabajan en fase gaseosa y necesitan una muy pequeña cantidad de muestra para su análisis, por lo que son muy compatibles. La problemática se da en el acoplamiento, ya que el efluente que emerge de la columna cromatográfica sale a presión atmosférica y debe introducirse en el interior del espectrómetro de masas que trabaja a alto vacío. Actualmente, el acoplamiento directo resulta fácil cuando se utiliza la cromatografía de gases capilar.

Por lo tanto, una mezcla de compuestos inyectada en el cromatógrafo de gases se separa en la columna cromatográfica obteniendo la elusión sucesiva de los componentes individuales aislados que pasan inmediatamente al espectrómetro de masas. Cada uno de estos componentes se registra en forma de pico cromatográfico y se identifica mediante su respectivo espectro de masas. En este proceso, el espectrómetro de masas, además de proporcionar los espectros, actúa como detector cromatográfico al registrar la corriente iónica total generada en la fuente iónica, cuya representación gráfica constituye el cromatograma. En efecto, la corriente iónica generada por todos los iones da lugar a un pico gaussiano de área proporcional a la concentración del compuesto detectado.

(Gutiérrez M., Droguet M. 2002. Identificación de Compuestos Volátiles por CG-MS)

ANEXO V: GUÍA PARA EL MUESTREO DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON PCP, PCDD Y PCDF

A continuación se presenta la metodología obtenida para realizar el muestreo de los sitios potencialmente contaminados de los respectivos aserraderos estudiados.

El plan de muestreo está diseñado para cada aserradero y formado por los planes de cada matriz, es decir, suelos, aguas y sedimentos.

Objetivo General:

Determinar el estado actual de los sitios, en función de la concentración y distribución de PCP, PCDD y PCDF, para así elaborar el catastro priorizado de sitios contaminados.

A.- Muestreo de Suelos

1.- Objetivo:

- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales.
- Determinar el riesgo a la salud humana y/o al ambiente debido a la contaminación.

Estos objetivos son válidos para los aserraderos A, B y C.

2.- Materiales:

- Bolsas plásticas limpias y secas;
- Barrenos y muestreadores cilíndricos;
- Envase de vidrio o polietileno con tapas de teflón;
- Solvente (acetona);
- Navegador satelital (GPS);
- Etiquetas*;
- Lápiz marcador permanente;
- Cuaderno de notas;
- Hielera con cubos de hielo o hielo picado;
- Espátulas, palas rectas y curvas.

3.- Método

3.1.- Variables del Muestreo

El muestreo no es posible sin el estudio preliminar del sitio, debido a que el análisis de este, nos proporciona las herramientas necesarias para definir las variables del muestreo.

El tipo de muestreo a usar es el aleatorio estratificado, entonces se divide el sitio en los estratos correspondientes donde se presume que el nivel de contaminación es homogéneo.

Por lo general en los aserraderos se encuentran las siguientes zonas:

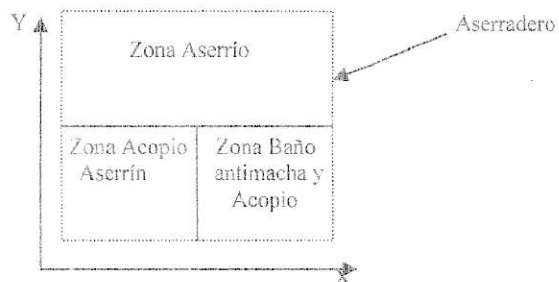


Figura 14: Esquema General del Sitio de un Aserradero.

Teniendo en cuenta el esquema de la figura 14, se establecen los estratos:

i) Aserradero A:

Estrato 1: Zona de acopio de aserrines contaminados con y baño antimachas.

Estrato 2: Zona de acopio de aserrines "nuevos"

Estrato 3: Zona aserrío (sitio de control)

ii) Aserradero B:

Estrato 1: Zona de acopio de aserrines contaminados y baño antimachas.

Estrato 2: Zona de aserrío (sitio de control)

iii) Aserradero C:

Estrato 1: Zona de acopio de aserrines contaminados con y baño antimachas.

Estrato 2: Cercan

Estrato 3: Zona aserrío (sitio de control)

Cada estrato no podrá tener un área de mas de 0,5 Ha. No se requiere muestrear toda el área del aserradero, sólo se debe procurar que se cubra la zona donde se utilizó PCP y los lugares próximos para evaluar la concentración y movilidad de los contaminantes.

Mediante el uso de coordenadas, en cada estrato se define 5 puntos de muestreo, de forma aleatoria.

3.2.- Toma de Muestras

Tomado en cuenta lo obtenido en el apartado 3.1. se procederá a la recolección de las muestras. En cada estrato se toman 5 muestras del tipo simple de una tamaño entre 0,5 y 1,0 kg, registrando la ubicación de estas con la ayuda del GPS. Cada una de estas muestras requiere triplicado.

Muestreo de capa superficial:

Se toma una pala de tamaño mediana y se introduce en el suelo hasta una profundidad no superior a 15 cm, luego se coloca la muestra colectada en envases de

vidrio o polietileno, previamente lavados con agua destilada y enjuagado con acetona, debidamente etiquetados y se tapa, o bien se puede colocar en bolsas plásticas con sello hermético. La etiqueta debe al menos contener: número de identificación, nombre y ubicación del sitio, estrato y número de muestra, fecha y hora de la toma de muestra, análisis requeridos, y observaciones generales, como clima, tipo de vegetación, etc.

Muestreo de capa sub-superficial:

Se toma un barreno y se introduce a una profundidad superior a 15 e inferior a 50 cm, se toma la muestra y se retira el barreno del suelo: luego se deposita la muestra en el envase con las mismas características que para el muestreo superficial.

Una vez realizado lo anterior, se coloca de inmediato las muestras en la hielera asegurándose que la temperatura rodea los 4 °C. Luego se envía con mucha precaución las muestras al laboratorio para realizar los respectivos análisis, antes de 7 días a contar del día del muestreo. Los análisis también se deben realizar por triplicado.

Lo anterior es válido para los aserraderos A, B y C.

B.- Muestreo de Aguas

1.- Objetivos

Los objetivos del muestreo de aguas son:

- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales;
- Determinar el riesgo a la salud humana y/o al ambiente debido a la contaminación.

Estos objetivos son válidos para los aserraderos A, B y C.

2.- Materiales:

- Botella de 1L (vidrio color ámbar, o teflón) con tapa de teflón Agua destilada;
- Ácido clorhídrico (HCl) 1M;
- Solvente (acetona) ;
- Etiquetas adhesivas a prueba de agua;
- Marcador permanente ;
- Hielera con hielo picado o en cubos;

3.- Método

3.1.- Variables del Muestreo

En primer lugar se debe tener en cuenta si se tiene aguas en movimiento o detenidas. El tipo de muestreo para los aserraderos A y B es el aleatorio simple, y para el aserradero C, sistemático.

- i) Aserradero A:
Zona: Laguna
- ii) Aserradero B:
Zona: Estero
- iii) Aserradero C:
Zona: Canal

Cada zona se debe dividir en varios puntos de posible muestro, y se selecciona de forma aleatoria 5 puntos para A y B, y de forma sistemática para C.

3.2.- Toma de Muestra

Para cada cuerpo de agua se toma 5 muestras compuestas, de un volumen igual a 1 L, registrando la ubicación del punto de muestreo con la ayuda del GPS. Estas muestras requieren triplicado.

Antes de comenzar el muestreo se debe lavar los envases con agua destilada, si es posible secar en estufa a temperatura entre 70 y 105° C, luego se enjuaga con acetona y se sella con papel aluminio.

- i) Aserradero A

Muestreo de Agua Superficial:

Se toma un muestreador en serie y se sumerge, con precaución evitando que las tapas de este se abran antes de llegar a la profundidad deseada. Una vez conforme con la ubicación del muestreador, se abre y se deja por 30 segundos para que se ambiente, luego se cierra y se trae a la superficie nuevamente. Posteriormente se coloca en un envase de vidrio color ámbar limpio, debidamente etiquetado y se tapa correctamente. La etiqueta debe al menos incluir fecha y hora, nombre y ubicación del sitio, número de identificación y de muestra, análisis requeridos y observaciones generales

Posteriormente se introduce el envase en la hielera (4 - 5 °C) y se transportar inmediatamente al laboratorio. Los análisis se deben realizar dentro de las primeras 24 horas.

Muestreo de Agua Subterránea:

Se tomará una muestra del tipo integrado. Se toma una botella lastrada lavada previamente con agua destilada y enjuagada con acetona, y se descende abierta por el interior del pozo, una vez conforme con la profundidad se deja ambientar por 10 segundos y se cierra con el envío de una pieza pesada. Luego se sube la botella a la superficie y se coloca la muestra en el envase debidamente lavado y etiquetado al igual que para el muestreo de agua superficial. Se sigue el mismo procedimiento.

ii) Aserradero B:

Muestreo de Agua Superficial:

Los puntos de muestreo seleccionados deben estar ubicados en un punto medio de la corriente principal y la velocidad sea máxima, es decir, lo más cercano al centro del estero. Utilizando guantes de látex, se lava la botella con el agua del estero, luego se sumerge la botella tapada hasta una profundidad intermedia, en contra corriente. La botella debe estar previamente lavada y etiquetada. Se destapa la botella y se deja sumergida por 30 segundos. Luego se vuelve a tapar y se lleva a la superficie.

Posteriormente se introduce el envase en la hielera (4 - 5 °C) y se transporta inmediatamente al laboratorio. Los análisis se deben realizar dentro de las primeras 24 horas.

Muestreo de Agua Subterránea:

Se sigue el protocolo establecido para el aserradero A.

iii) Aserradero C:

Muestreo de Agua Superficial:

Los puntos de muestreo seleccionados deben estar ubicados en un punto medio de la corriente principal y la velocidad sea máxima, es decir, lo más cercano al centro del estero, pero además el tipo de muestreo es sistemático, por lo que se comenzará con el primer punto de muestreo ubicado 20 m canal arriba del aserradero, y esa distancia será el intervalo entre los otros puntos ubicados canal abajo. Utilizando guantes de látex, se lava la botella con el agua del estero, luego se sumerge la botella tapada hasta una profundidad intermedia, en contra corriente. La botella debe estar previamente lavada y etiquetada. Se destapa la botella y se deja sumergida por 30 segundos. Luego se vuelve a tapar y se lleva a la superficie.

Posteriormente se introduce el envase en la hielera (4 - 5 °C) y se transporta inmediatamente al laboratorio. Los análisis se deben realizar dentro de las primeras 24 horas.

Muestreo de Agua Subterránea:

Se sigue el protocolo establecido para el aserradero A.

C.- Muestreo de Sedimentos**1.- Objetivos**

Los objetivos del muestreo de aguas son:

- Determinar la presencia y concentración de contaminantes;
- Determinar la concentración de contaminantes y su distribución espacial y temporal;
- Identificar fuentes de contaminación, mecanismos o rutas de transporte y receptores potenciales;

Estos objetivos son válidos para los aserraderos A, B y C.

2.- Materiales:

- Envase de vidrio, polietileno o teflón
- Muestreador (superficial, o barreno)
- Cuerdas
- Agua destilada
- Solvente (acetona)
- Etiquetas adhesivas a prueba de agua
- Marcador permanente
- Hielera, con hielo en cubos o picado

3.- Método

3.1.- Variables del Muestreo

En primera instancia, se debe considerar el acceso al sitio de muestreo, además de algunas características del tipo de sedimento a muestrear tales como textura, contenido de materia orgánica y su grado de consolidación.

Al ser parte de los cuerpos de aguas, el tipo de muestreo para los sedimentos será el mismo seleccionado para aguas, esto es, aserradero A y B el tipo de muestreo es aleatorio simple y para el aserradero C será sistemático.

i) Aserradero A:

Zona: Laguna

ii) Aserradero B:

Zona: Estero

iii) Aserradero C:

Zona: Canal

Los cinco puntos de muestreo de sedimentos para cada aserradero serán los mismo que los de aguas, por lo tanto, se puede hacer de forma paralela o bien, posteriormente utilizando los registros entregados por el GPS.

3.2.- Toma de Muestra

Se toman 5 muestras del tipo simple y de un tamaño de 0,5 kg, registrando la ubicación mediante la ayuda del GPS. Previamente los envases deben estar lavados con agua destilada y enjuagados con acetona.

Se toma el muestreador cilíndrico, también previamente lavado, y se ubica lentamente sobre el sedimento, luego se empuja hacia abajo de manera vertical hasta alcanzar la profundidad deseada. Luego cuidadosamente se retira y se extrae el cilindro, tapando de inmediato ambos lados. Posteriormente se introduce la muestra en el envase debidamente etiquetado. La etiqueta debe incluirse el nombre del sitio de muestreo, fecha, profundidad de muestreo y nombre del colector.

Luego se transfiere a la hielera y se transporta al laboratorio en 24 horas. Los análisis se deben realizar de inmediato.

Lo anterior es válido para los aserraderos A, B y C.