

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
QUÍMICO

**“EVALUACIÓN Y MEJORA DE RED DE SERVICIOS  
DE PLANTA N °1 DE CAFÉ DE TRESMONTES  
LUCCHETTI S.A.”**

**María Loreto Meza Cornejo**

Profesores Guías:

Javier Silva Campino  
José Torres Titus

**2015**

## AGRADECIMIENTOS

---

*Fue un largo y hermoso camino recorrido para llegar al final y descubrir que todo el esfuerzo hecho valió la pena. Cada noche de estudio interminable, cada paso dado fue un avance que permitió estar cada vez más cerca de poder cumplir un sueño y lograr decir soy una profesional.*

*Nada de esto podría haber sido posible, sin el apoyo incondicional de mis padres, quienes estuvieron conmigo y confiaron siempre en mí.*

*Mi pilar y apoyo cada día, mi Pablo, quien siempre estuvo acompañándome y dando su aliento preciso cuando más lo necesitaba.*

*Mi familia, mis hermanos, Marite y mi sobrinita Rafaella, quien fue mi compañera de cierre de esta etapa, tan pequeñita pero su vitalidad me enseñó a ver el mundo de otra manera y me dió el ánimo necesario y llenó de alegrías cuando me hicieron falta.*

*Mis abuelos, dos que ya no me acompañan, pero sin duda desde el cielo más de una ayuda recibí de ellos. Mami y Papi, los que gracias a Dios aun tengo la dicha de disfrutar, les agradezco cada ayuda y apoyo entregado, siempre me dieron su aliento.*

*Mis Profesores Guías, Javier Silva Campino y José Torres Titus, quienes siempre preocupados por desarrollar un buen trabajo, tuvieron una disposición increíble y un compromiso del cual estoy muy agradecida.*

*Finalmente no puedo dejar de mencionar a la Escuela de Ingeniería Química, lugar donde forjé los cimientos de gran parte de la calidad profesional adquirida.*

*Infinitas gracias a cada una de las personas que creyeron en mí que era capaz de lograrlo, de alguna u otra manera formaron parte de esta linda etapa, que con orgullo digo que logré superar. Soy una persona agradecida de las cosas que la vida me ha dado y de las oportunidades que Dios me otorga.*

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa “.*

*(Mahatma Gandhi)*

# ÍNDICE

---

|  |    |
|--|----|
| 1- Resumen .....   | 6  |
| 2- Introducción.....   | 7  |
| 2.1- Objetivos .....   | 9  |
| 2.2- Plan de Trabajo .....   | 10 |
| 3- Toxicocinética, Aspecto Legal y Estadísticas de Compuestos                    |    |
| Organofosforados .....   | 13 |
| 3.1- Toxico cinética .....   | 15 |
| 3.2- Aspectos Legales .....  | 17 |
| 3.3- Estadísticas sobre el uso de Plaguicidas .....                              | 18 |
| 3.4- Guía de Respuesta para Emergencias con Materiales Peligrosos<br>(GRE) ..... | 22 |
| 4- Selección de compuestos Organofosforados.....                                 | 24 |
| 5- Tiempo de respuesta.....  | 27 |
| 5.1- Tipos de Suelo.....   | 29 |
| 5.2- Cálculo tiempo de respuesta.....  | 32 |
| 6- Equipo de protección personal.....  | 34 |
| 6.1- Ropa de Protección.....   | 35 |
| 6.2- Protección Respiratoria.....  | 40 |
| 6.3- Selección Equipo de Protección Respiratoria.....                            | 42 |
| 6.4- Selección Máscara y Filtros.....  | 47 |

|   |     |
|---|-----|
| 7- Plan de respuesta ante derrames masivos de organofosforados .....                                    | 50  |
| 7.1- Zonas de Aislamiento.....  | 52  |
| 7.2- Funciones de Apoyo de un primer respondedor en un incidente<br>con compuestos Organofosforado..... | 52  |
| 7.3- Contención, Confinamiento y Delimitación de Áreas.....   | 53  |
| 7.4- Control de Derrames.....   | 54  |
| 8- Zona de remediación .....  | 63  |
| 8.1- Desarrollo de modelo matemático de concentración de<br>organofosforado en el suelo.....            | 64  |
| 8.2- Parámetros .....   | 68  |
| 8.3- Simulación .....   | 77  |
| 8.4- Resultados.....  | 81  |
| 8.5- Caracterización de la zona de Remediación .....  | 99  |
| 9- Conclusiones.....  | 104 |
| 10- Bibliografía.....   | 107 |
| Glosario .....  | 152 |

**ANEXOS**

|                 |     |
|-----------------|-----|
| ANEXO A .....   | 104 |
| ANEXO A.1 ..... | 105 |
| ANEXO A.2 ..... | 106 |
| ANEXO A.3 ..... | 107 |
| ANEXO A.4 ..... | 108 |
| ANEXO B .....   | 109 |

|                   |         |
|-------------------|---------|
| ANEXO B.1 .....   | 111     |
| ANEXO B.2 .....   | 113     |
| ANEXO B.3 .....   | 115     |
| ANEXO B.4 .....   | 117     |
| ANEXO B.5 .....   | 119     |
| ANEXO B.6 .....   | 121     |
| ANEXO B.7 .....   | 123     |
| ANEXO B.8 .....   | 125     |
| ANEXO B.9 .....   | 127     |
| ANEXO B.10 .....  | 129     |
| ANEXO B.11 .....  | 131     |
| <br>ANEXO C.....  | <br>134 |
| <br>ANEXO D ..... | <br>141 |
| ANEXO D.1 .....   | 142     |
| ANEXO D.2 .....   | 143     |
| <br>ANEXO E ..... | <br>144 |
| ANEXO E.1 .....   | 145     |
| ANEXO E.2 .....   | 146     |
| ANEXO E.3 .....   | 147     |

# 1- RESUMEN

---

Los compuestos organofosforados son un grupo de sustancias derivadas de la estructura química del fósforo y tienen un gran número de aplicaciones y utilidades. Han sido utilizados como aditivos del petróleo, disolvente, industrias de colorantes, barnices, cuero artificial, aislantes eléctricos, impermeabilizantes, fungicidas e insecticidas. Siendo su uso más considerado en el rubro de los plaguicidas.

Dado su amplia distribución y uso en diferentes industrias y en la agricultura, es muy frecuente que se presenten intoxicaciones accidentales por estos compuestos; además, como son sustancias que están al alcance de las personas, han sido empleadas como tóxicos en suicidios.

Uno de los lugares con mayor tasa de intoxicaciones por plaguicidas en la Región Metropolitana en los últimos años es la Provincia de Melipilla, razón fundamental para que los riesgos por el mal uso de plaguicidas sea de conocimiento público tanto para los usuarios de esta sustancias como para el personal de respuesta en caso de incidentes que corresponde a personal de Bomberos.

Con el objetivo de otorgar una herramienta de apoyo que contribuya al buen trabajo y desempeño del equipo de primera respuesta de Bomberos de la Provincia de Melipilla, es que se crea un plan de respuesta ante incidentes con materiales peligroso que impliquen derrames masivos de plaguicidas pertenecientes a la familia de compuestos organofosforados, los cuales presentan alta demanda en el rubro agrícola en la Provincia y tienen niveles de toxicidad diferentes. Además de caracterizar la zona de remediación y entregar información de acuerdo al comportamiento que tienen estos compuestos organofosforados seleccionados en suelo arenoso y arcilloso.

## 2- INTRODUCCIÓN

---

Los Plaguicidas son sustancias tóxicas, o mezclas de ellas, que se usan en el ámbito agrícola, doméstico e industrial con el fin de controlar, eliminar, repeler, atraer, o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas que producen daños económicos, propagan enfermedades o son vectores de estas.

Su uso descuidado también presenta un riesgo para el equilibrio ecológico del lugar, pudiendo afectar a animales y organismos útiles al hombre, actuar sobre la flora y fauna natural de la región, contaminar ríos, lagos y otras fuentes de agua, como también a áreas cercanas o alejadas del sector de aplicación, al ser dispersados por el viento.

Los plaguicidas pueden ser clasificados desde varios puntos de vista, entre los cuales se encuentra: su uso, su composición química y su acción tóxica. Según su composición química, existen los siguientes grupos: Organoclorados, organobromados, organofluorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, dinitrofenoles, fenólicos y aceites minerales. De los grupos antes mencionados, los organofosforados son los que presentan un mayor uso en los sectores agrícolas de la Región Metropolitana durante los últimos años.

Los organofosforados presentan las tasas más altas de casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas, por lo que ha sido material de interés para realizar un estudio que permita conocer su dinámica de interacción con el suelo en casos de incidentes por derrames masivos, con el fin de prevenir, disminuir las tasas por intoxicaciones y proteger al personal de primera intervención que corresponde a Bomberos.

Desde el año 2005, fecha que se inició la notificación obligatoria de las intoxicaciones agudas por plaguicidas hasta el año 2010 (primer quinquenio), la Provincia de Melipilla resultaba tener la mayor tasa de intoxicaciones agudas por plaguicidas, pero con la tendencia a la baja, no obstante es a partir del año 2012, que comienza a observarse

nuevamente un alza en su tasa llegando a tener una tasa de 31,6 por 100.000 habitantes calculada para el 2013.<sup>1</sup>

Por lo anterior, es de suma importancia que exista personal preparado en la Provincia de Melipilla para atender este tipo de incidentes. Bomberos es, ante cualquier emergencia, la primera respuesta, por ello, es muy importante que se encuentren debidamente capacitados y equipados para afrontar una emergencia cuando estos elementos están involucrados.

Actualmente, el área de Operaciones con Materiales Peligrosos de la Academia Nacional de Bomberos de Chile, se encuentra en etapa de reestructuración, debido a las demandas del país, en cuanto a su desarrollo y avances tecnológicos, lo que ha requerido una actualización de procedimientos para optimizar el servicio a la comunidad. Y el tema del comportamiento de los plaguicidas en el suelo no es una temática muy conocida en este ámbito.

Es muy importante tener en consideración que el aumento de casos esta dado por el uso indiscriminado de las aplicaciones para control de plagas urbano doméstica, sin observar las medidas de seguridad y en muchos casos sin la debida justificación Epidemiológica-Sanitaria. Por ello, es necesario el control en la venta y almacenamiento seguro de estos productos, tanto domésticos como agrícolas, teniendo en consideración que uno de los objetivos no cumplidos de la década 2000-2010, fue el disminuir la tasa de suicidios en el país. Por lo tanto, existe un desafío importante para lograr bajar este indicador durante los próximos años.

---

<sup>1</sup> *Informe Vigilancia Epidemiológica de Intoxicaciones Agudas por plaguicidas REVEP Región Metropolitana 2013, Seremi de Salud Región Metropolitana, Febrero 2014*



## **2.1- OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un plan de manejo y control ambiental de primera intervención junto a un plan de caracterización de la penetración del compuesto para definir la capa de acción ante derrames de compuestos específicos pertenecientes a la familia de los organofosforados no especificados en la Guía de Respuesta ante incidentes con Materiales Peligrosos (GRE).

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Crear plan de respuesta ante incidentes con materiales peligrosos que involucren plaguicidas específicos pertenecientes al grupo de organofosforados con una mayor demanda en el rubro agrícola en la Provincia de Melipilla.
- Desarrollar un plan de caracterización en base a parámetros de seguridad de la penetración del compuesto en el suelo en zona afectada con derrames masivos de organofosforado.

## **2.2- PLAN DE TRABAJO**

La Provincia de Melipilla se caracteriza por ser eminentemente agrícola, ya que la población ocupada en este sector económico en algunas comunas supera el 70% y en las de menor relevancia, no bajan del 37%. Las plagas de insectos, malezas, hongos y bacterias causan serias pérdidas a las cosechas de productos agrícolas y es necesario combatirlas, esto se hace con la aplicación de distintas técnicas, entre las cuales una de las más difundidas, y en determinadas circunstancias la única adecuada, es el uso de ciertos productos químicos, algunos de alta toxicidad para el organismo humano. La incorporación del control químico ha permitido reducir sustancialmente las pérdidas en los cultivos.

Dentro de los productos químicos que presentan una mayor demanda en la Provincia se encuentran los Organofosforados, pero a su vez presentan las mayores tasas de intoxicación aguda por compuestos de su clase, ya sea por causa de mala manipulación, derrames o actos suicidas.

Debido a que estas emergencias son atendidas en primera instancia por personal de Bomberos, es que, este diseño de plan de emergencia está pensado para ser aplicado en una fase de primera intervención por parte de personal de Bomberos, ya sea, técnicas de manejo y selección de equipos especializados de acuerdo al compuesto que se trate. Además de incluir un plan de caracterización de la zona de remediación, donde se detallan los efectos que produce en el ambiente específicamente en el suelo, el derrame masivo de estos productos y como ejecutar las acciones posteriores al incidente.

Todo esto nace de la falencia que actualmente posee el área de especialización de Respuesta ante Incidentes con Materiales Peligrosos en Bomberos de Chile, referente a compuestos específicos en la rama de los plaguicidas, pesticidas, etc., y que es de suma importancia para el mejor servicio prestado por esta entidad de servicio público.

Como plan de caracterización de la zona de remediación, la idea central es obtener una planilla que permita entregar la información necesaria para que posterior al incidente, el lugar donde ocurrió el derrame sea tratado de manera adecuada sin que se ocasione un mayor daño a las personas y al medio ambiente.

El usuario tendrá información sobre la cantidad o dimensión de suelo afectado o contaminado de acuerdo a la cantidad de tiempo que transcurre desde que ocurre el incidente hasta cuando se realizan las labores de contención y mitigación de la emergencia. La magnitud de esto será sólo determinada por la cantidad de compuesto Organofosforado absorbido por el suelo. Todo esto haciendo diferencias a tipos de suelo arenoso y arcilloso.

Actualmente, personal de Bomberos no cuenta con material de apoyo que especifique los comportamientos de estos compuestos de manera específica. Sino que son tratados de manera genérica y muchas veces con equipos de protección personal innecesarios.

Con motivo de lo anterior el objetivo es lograr una herramienta de apoyo para las unidades de primera respuesta en caso de incidentes con materiales peligrosos que involucren compuestos Organofosforados, buscando agilizar los tiempos durante la emergencia y llevando a cabo trabajos de manera segura.

A continuación se detallan las tareas que se realizarán para el desarrollo y cumplimiento de los respectivos objetivos.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO N°1:**

*“Crear plan de respuesta ante incidentes con materiales peligrosos que involucren plaguicidas específicos pertenecientes al grupo de organofosforados con mayor demanda en el rubro agrícola en la Provincia de Melipilla”.*

Para el cumplimiento de este objetivo, es necesario:

- Realizar un estudio del uso de plaguicidas en la Provincia de Melipilla.
- Seleccionar los principales compuesto Organofosforados causantes de intoxicaciones en los incidentes.
- Seleccionar equipos de protección seguros y específicos para trabajos con compuesto Organofosforados.
- Elaborar un plan de emergencia, considerando tiempo de respuesta y duración máxima de exposición segura para montaje de escena y respuesta al incidente.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO N°2:**

*“Desarrollar un plan de caracterización de la penetración del compuesto en el suelo en zona afectada con derrames masivos de organofosforado”.*

Para el cumplimiento de este objetivo, es necesario:

- Analizar capacidad de difusión de los organofosforado en el suelo en caso de derrames masivos.
- Analizar modalidad de absorción en el suelo.
- Detallar actividades posteriores a realizar en un incidente de derrames masivos de compuesto organofosforados.

### **3- TOXICOCINÉTICA, ASPECTO LEGAL Y ESTADÍSTICAS DE COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS**

---

Los organofosforados son ésteres del Ácido fosfórico (unión de un ácido y un alcohol), generalmente liposolubles. Esta condición facilita la penetración en el organismo. La mayoría tiene baja presión de vapor y se hidrolizan fácilmente en medios alcalinos. Se utilizan principalmente como insecticidas, herbicidas y fungicidas.

Los insecticidas organofosforados se caracterizan por su mecanismo de acción y su estructura química similar entre ellos, la toxicidad se produce por inhibición de la acetilcolinesterasa.

La acetilcolina es un importante neurotransmisor químico, el cual se libera en la sinapsis preganglionar autonómica, sinapsis postganglionar parasimpática y unión neuromuscular del músculo esquelético. En la unión sináptica es hidrolizada a través de la acetilcolinesterasa a ácido acético y colina. Existen dos formas de acetilcolinesterasa, una ubicada en el sistema nervioso central, músculo esquelético y eritrocitos; y la pseudocolinesterasa principalmente en el plasma, hígado, corazón, entre otros.

Los organofosforados fosforilan la enzima acetilcolinesterasa, en las terminaciones nerviosas inutilizándolas, lo que provoca un aumento excesivo de acetilcolina en los receptores muscarínicos, nicotínicos y sistema nervioso central.

Los signos y síntomas de intoxicaciones aguda por organofosforados habitualmente aparecen entre una y dos horas posterior a la exposición, sin embargo, pueden desarrollarse hasta varias horas más tarde; esto depende principalmente de su solubilidad en grasa y si requieren o no activación metabólica. Sus principales vías de ingreso son digestivas, respiratorias y dérmicas. En exposiciones de tipo dérmica los síntomas son tardíos. Las manifestaciones clínicas pueden ser clasificadas en cinco tipos:

- Muscarínicos: se observan vómitos, diarreas, dolor y calambres abdominales, bradicardia, broncoespasmo, miosis y aumento de la sudoración y salivación.
- Nicotínicos: Se observan calambres musculares, taquicardia, hipertensión, fasciculaciones y parálisis respiratoria. En algunos casos se puede observar midriasis.
- Efectos en el sistema nervioso central: Agitación, confusión, delirio, convulsiones, coma y muerte.
- Neuropatía Retardada: Algunos organofosforados han causado una neurotoxicidad caracterizada por un daño en los axones de los nervios periféricos y centrales que se ha asociado con la inhibición de la esterasa neurotóxica. Este síndrome se caracteriza por debilidad o parálisis y parestesis de extremidades, principalmente inferiores. La neuropatía inducida por este tipo de agente se puede manifestar 1 a 3 semanas después de la exposición y perdurar semanas, meses o años.
- Síndrome intermedio: Ocurre después de la resolución de una crisis colinérgica aguda y dentro de un periodo de 24-96 horas, la cual se caracteriza por parálisis respiratoria y debilidad en el músculo facial del cuello y de los músculos proximales de la extremidades. Este síndrome es el resultado al parecer de una alteración pre y post sináptica de la transmisión neuromuscular.

### 3.1- TOXICOCINÉTICA

- a) Absorción: Los organofosforados en general se absorben muy bien por vía cutánea, respiratoria y digestiva. La primera constituye una ruta común de penetración, así como la forma más frecuente de intoxicaciones laborales.

Las propiedades liposolubles de estas sustancias y el tipo de disolvente que se emplea con el ingrediente activo (es decir, de la parte biológicamente activa del plaguicida), unidos a las frecuentes erupciones o lesiones cutáneas que suele presentar el individuo que las manipula, facilitan su penetración por esa vía.

Por inhalación se absorben cuando se trabaja durante su formulación, mezcla, aplicación o almacenamiento, o cuando se presentan incendios o derrames.

El ingreso por vía oral ocurre mediante ingestión voluntaria o accidental o por alimentos que hayan sido excesivamente expuestos a estos plaguicidas.

La vida media de los compuestos organofosforados y sus productos de biotransformación, es decir, de conversión metabólica, es relativamente corta (alrededor de 48 horas). Dicho proceso de transformación se lleva a cabo mediante la presencia de enzimas óxidasas e hidrolasas, principalmente hepáticas.

La eliminación de los organofosforados es rápida y tiene lugar por la orina y, en menor cantidad, por heces y aire expirado; su máxima excreción se alcanza a los dos días; luego disminuye rápidamente.

- b) Metabolismo: Su metabolismo es primariamente hepático a través del sistema citocromo P-450.

## RANGO DE TOXICIDAD DE LOS ORGANOFOSFORADOS

Las dosis tóxicas son bastante variables y dependen de la absorción y de que si se requiere o no acción metabólica (Tabla N°1).

*Tabla N°1: Niveles de Toxicidad Compuestos Organofosforados*

| <b>Baja Toxicidad (LD<sub>50</sub> &gt; 5000 mg/kg)</b>    |              |                      |
|--|--------------|----------------------|
| Acephate   | Malation     | Pirimifos – metil    |
| Bromofos   | Merfos       | Temefos              |
| Iodofenos  | Phoxim       | Tetraclovinfos       |
| <b>Moderada Toxicidad (LD<sub>50</sub> &gt; 500 mg/kg)</b> |              |                      |
| Clorpirifos  | Fenitroton   | Fosmet               |
| Coumafos   | Fenition     | Profenofos           |
| DEF  | Formotion    | Propetamfos          |
| Diazinon   | Heptenofos   | Pirazofos            |
| Diclofention   | Isoxation    | Piridafention        |
| Diclorovos   | Leptofos     | Quinalfos            |
| Dimetoato  | Naled        | Sulprofos            |
| EPBP   | Fencapton    | Thiometon            |
| Etion  | Fentoato     | Triazofos            |
| Etoprop  | Fosalon      |                      |
| <b>Alta Toxicidad ( LD<sub>50</sub> &lt; 50 mg/kg)</b>     |              |                      |
| Azinfos Metil  | Disulfoton   | Metidation           |
| Bomil  | EPN          | Mevinfos             |
| Carbofenotion  | Fampur       | Monocrotofos         |
| Clorfenvinfos  | Fenamifos    | Paration             |
| Clormefos  | Fenofosfon   | Forato               |
| Clortiofos   | Fensulfotion | Posfolan             |
| Cianofenos   | Fonofos      | Fosfamidon           |
| Demeton  | Isofenfos    | Protoato             |
| Dialifor   | Isoflurofato | Terbufos             |
| Dicrototos   | Metamidofos  | Tetraetilpirofosfato |



### **3.2- ASPECTOS LEGALES**

Hasta la fecha existe una Normativa a considerar en uso y manejo de plaguicidas de uso agrícola:

- Decreto Ley N° 3.557 de 1980, del Ministerio de Agricultura y su modificación la Ley 20.308 de 2008, para la protección de los trabajadores en el uso de productos fitosanitarios.
- Ley Orgánica del Servicio Agrícola y Ganadero N°18.755 y sus modificaciones, que establece facultades del servicio sobre la producción y comercio de plaguicidas de uso agrícola.
- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 3.670 de 1999, que establece normas y requisitos para la evaluación y autorización de plaguicidas de uso agrícola.
- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 1.885 de 2010, que establece requisitos para la autorización sólo de plaguicidas para exportación.
- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 1.038 de 2003, que autoriza procedimientos de importación de plaguicidas y fertilizantes, y fabricación nacional de plaguicidas de uso agrícola.
- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 2.195 de 2000 y sus modificaciones, que establecen los requisitos que deben cumplir las etiquetas de los envases de los plaguicidas de uso agrícola.
- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 92 de 2002, que establece normas para el ingreso de muestras experimentales, que establece normas para el ingreso de muestras experimentales de plaguicidas de uso agrícola para experimentación.

- Resolución del Servicio Agrícola y Ganadero N° 5.392 de 2009, que establece denominación y códigos de formulaciones de plaguicidas de uso agrícola.

El marco normativo vigente ha regulado los plaguicidas de uso sanitario y doméstico incluídas las empresas aplicadoras en control de plagas urbanas mediante el D.S. 157/05, que entró en vigencia a fines de 2007; también a contar de abril de 2011, entró en vigencia el D.S. 5/2010, que regula las aplicaciones aéreas de plaguicidas en todo el país, unificando criterios para la fiscalización de dicha práctica agrícola, igualmente en materia de regulación durante el año 2011, fue publicado entrando inmediatamente en vigencia, el Protocolo de Vigilancia para trabajadores expuestos a todo tipo de plaguicidas.

### **3.3 – ESTADÍSTICAS SOBRE EL USO DE PLAGUICIDAS**<sup>2</sup>

La vigilancia de las intoxicaciones agudas por plaguicidas se inició en el sector público de salud el año 1993, con participación voluntaria de algunos Servicios de Salud del país conformando la “Red de Vigilancia Epidemiológica en Plaguicidas REVEP”; en agosto del año 2004, se publica el D.S. N° 88. Desde el año 2005, la REVEP se incorpora en las respectivas Seremis de Salud del país, con la responsabilidad de realizar las investigaciones epidemiológicas de los casos notificados. Posteriormente, en el año 2007, MINSAL publica la Norma General Técnica N° 92, sobre Vigilancia de Intoxicaciones Agudas por Plaguicidas. La norma técnica facilita y fortalece el quehacer de los centros de atención de urgencia frente a estos casos de intoxicaciones, como también unifica los instrumentos de notificación, información e investigación de los casos notificados.

En Chile, los plaguicidas de uso agrícola y veterinario son regulados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y los de uso sanitario y doméstico por el Instituto de

---

<sup>2</sup> *Informe Vigilancia Epidemiológica de Intoxicaciones Agudas por plaguicidas REVEP Región Metropolitana 2013, Seremi de Salud Región Metropolitana, Febrero 2014*

Salud Pública (ISP). La información sobre importación de plaguicidas de uso agrícola es elaborada por ODEPA (Oficina de Estudios y Planificación Agrícola, Minagri.), con la información que entrega el Servicio Nacional de Aduanas. Durante el año 2012, se importaron 36.094 toneladas, estos volúmenes han ido aumentando anualmente, durante el año 2008, se importaron 32.545 toneladas, las que aumentaron a 34.766 toneladas para 2011 (plaguicidas industriales, domésticos y agrícolas). La distribución por tipo de uso de plaguicidas importados en términos porcentuales es de un 24% herbicidas, 14,5% fungicidas, 19,5% insecticidas y otros con el 42%; Entre las importaciones de los años 2011 y 2012, se observó que los volúmenes importados de insecticidas y herbicidas aumentaron en alrededor de 16,5%. Solamente los fungicidas disminuyeron (10,8%).

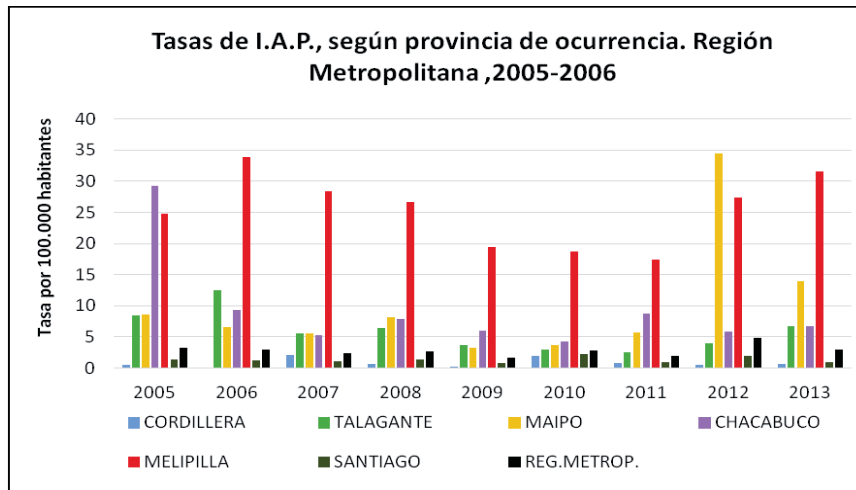
El cálculo estimado como indicador de riesgo de exposición a plaguicidas para la población total en Chile, resulta ser de 2,25 [kg] para 2012 y de 1,94 [kg] por habitante para el año 2008; la OMS a través del PNUMA, considera aceptable un índice de 0.6 [kg-l/ persona anual], lo que ubica a Chile con un valor cuatro veces superior a lo señalado como aceptable en rangos de seguridad para la población mundial.

## INTOXICACIONES AGUDAS POR PLAGUICIDAS (I.A.P.)

### **SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA 2013, REGIÓN METROPOLITANA**

La Tasa de I.A.P. de la Región Metropolitana calculada para el año 2013, fue de 2,97 por 100.000 habitantes, menor a la tasa de 4.8 observada para 2012.

*(Figura N°1)*



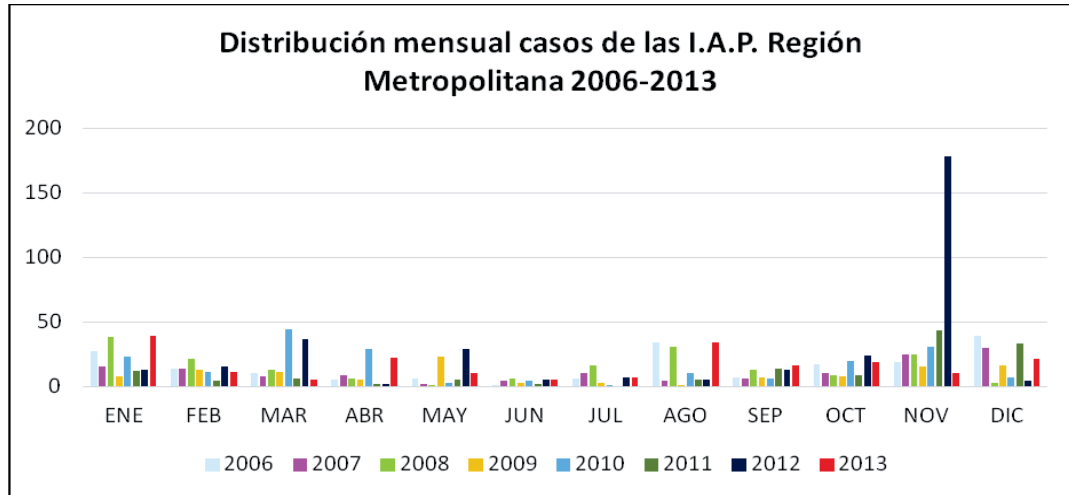
**Figura N°1:** Tasas de I.A.P., según provincia de ocurrencia. Región Metropolitana, 2005-2006

Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional y Prevención de Riesgos.

Desde el año 2005, fecha en que se inició la notificación obligatoria hasta el año 2010, la provincia de Melipilla resultaba tener la mayor tasa de intoxicaciones agudas por plaguicidas. La provincia Del Maipo en los primeros años no superaba los dos dígitos, pero a raíz de un brote ocurrido durante el 2012 con 127 casos, su valor fue de 34,4 por 100.000 habitantes, este indicador baja a 13,9 para el 2013. En el resto de las provincias de la RM, las tasas de I.A.P. presentan una tendencia estacionaria. (Figura N°1)

El aumento de casos esta dado por el uso indiscriminado de las aplicaciones para control de plagas urbano doméstica, sin observar las medidas de seguridad y en muchos casos sin la debida justificación Epidemiológica-Sanitaria.

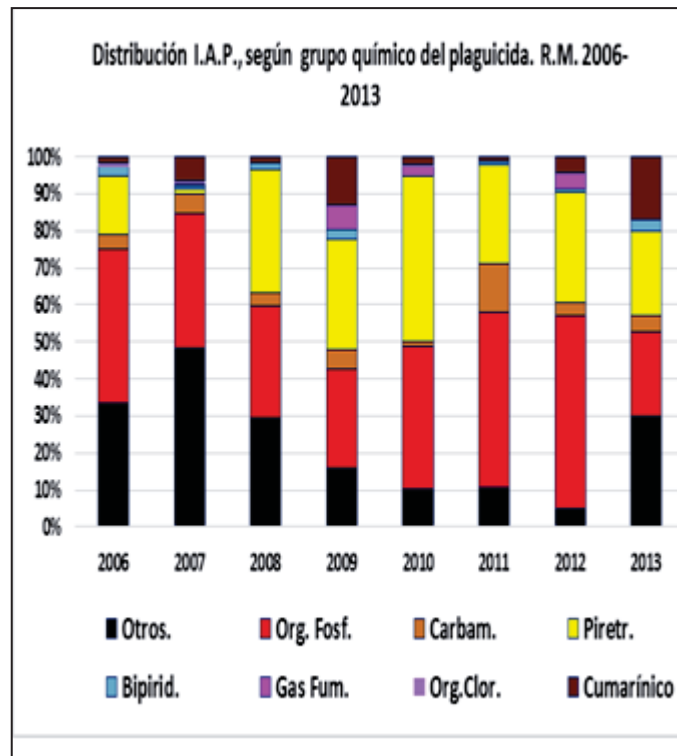
Las intoxicaciones agudas por plaguicidas, muestran anualmente una determinada estacionalidad, es así como entre el primer y último trimestre de los años evaluados, se observa una concentración cercana al 60% de los casos anuales. No obstante se observan algunos meses de otoño e invierno con casos, que se relacionan fuertemente con aplicaciones de plaguicidas realizadas para control de plagas domésticas en comunas urbanas. (Figura N°2)



**Figura N°2:** Distribución mensual de casos de las I.A.P. Región Metropolitana 2006-2013

Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional y Prevención de Riesgos.

Otro aspecto importante de conocer son los grupos químicos más relevantes involucrados en los casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas.



**Figura N°3:** Distribución de las I.A.P, según grupo químico del plaguicida, R.M., 2006-2013

Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional Prevención de Riesgos.

En la Figura N°3, puede observarse la participación del grupo químico organofosforados, que en un principio aparece con un 45% (2006), baja en su participación hasta el año 2009 con un 27%, sin embargo luego comienza a subir paulatinamente, hasta verse involucrado cercano al 52% de los casos como fue visto en los años 2011 y 2012. Durante el 2013, la proporción de casos donde hay participación de este grupo químico es del 22,6%, lo que sumado al grupo de carbamatos (4,5%), ambos inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa da un total de 27%. El grupo de piretroides es el segundo en importancia con un 22,6%, ambos tipos de plaguicidas son los más importantes.

### **3.4- GUIA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA**

La GRE (Guía de respuesta de emergencia) es un Manual confeccionado por el Departamento de Transporte de Estados Unidos (DOT), el Ministerio de Transporte de Canadá y la Secretaría de Transporte de México; orientado a los incidentes que ocurren en carreteras y caminos sobre la base de un análisis técnico que ha permitido determinar cuáles materiales peligrosos tienen similares características y, por lo tanto, presentan riesgos similares y pueden ser tratados con procedimientos comunes para su control en la primera etapa de la respuesta, teniendo una aplicación limitada a incidentes en instalaciones fijas.

Según esta guía, la fase inicial se entiende como el periodo que le sigue, luego del arribo o la llegada del respondedor al lugar del accidente, período durante el cual se debe confirmar la presencia e identificación del material peligroso involucrado en el incidente, iniciándose las acciones de protección, aislándose el área afectada, y además solicitando apoyo de personal especializado.

De este modo la guía se enfoca en el apoyo al personal de respuesta, en la toma inicial de decisiones, luego de la llegada al lugar de una emergencia o incidente con materiales peligrosos.

## DEBILIDADES

- En esta guía no se describen las propiedades físicas y químicas de los materiales peligrosos.
- No se especifican todas las circunstancias que pueden estar asociadas a un incidente con materiales peligrosos. (Anexo A.1, A.2, A.3).
- Utiliza nombres genéricos, tales como, “Líquido Corrosivo, n.e.p.” (No especificado en otra parte), esto significa que el nombre químico de ese producto corrosivo no se encuentra listado en las regulaciones, por lo tanto se debe utilizar un nombre genérico para identificarlo en los documentos de transporte.
- En el caso de los Organofosforados sucede de igual manera, no se especifican los compuestos por su nombre de etiqueta, sino que se hace referencia a ellos de manera genérica, lo que dificulta en primer lugar la identificación de la sustancia al momento de ocurrido un incidente y contrarresta con un trabajo óptimo y seguro al momento de efectuar maniobras con este tipo de sustancias (Anexo A).

## 4- SELECCIÓN ORGANOFOSFORADOS

---

### FORMULACIONES

Los principios activos, donde radica la actividad valorable del plaguicida se obtienen en la industria química con un grado de pureza entre el 75 y el 90%. En general, estos principios constituyen sólo una pequeña proporción del producto final que se vende al agricultor, ya que la mayoría de las sustancias químicas plaguicidas logran su efecto en dosis muy pequeñas, que a veces representan unos pocos gramos de ingrediente activo por hectárea de cultivo. Como no es posible medir correctamente y distribuir con uniformidad en el campo esas cantidades diminutas lo que se hace es acondicionar esos productos para su empleo en una formulación que pueda ser utilizada bien de forma directa o dispersa en el agua.

La formulación contiene la materia activa o el producto técnicamente puro más o menos diluido en un soporte sólido o en un disolvente líquido y además sustancias auxiliares que son capaces de modificar ventajosamente las propiedades físicas, químicas y biológicas de los plaguicidas aumentando su eficacia. Entre ellas se encuentran emulgentes, adherentes, fluidificantes y estabilizantes.<sup>3</sup>

La *materia activa*, en muchos casos, es idéntica al principio activo pero en otros lo contiene como un isómero o bien combinado en forma de óxidos, ésteres, sales u otros compuestos.

El *producto técnico* es el producto obtenido en la síntesis industrial, que además de la sustancia química útil contiene una determinada proporción de otras sustancias próximas o relacionadas y, además, impurezas de fabricación.

---

<sup>3</sup> *Manual Fitosanitario, Fundación para el desarrollo frutícola (FDF), edición 2002-2003*



Las diversas formas de aplicación de los plaguicidas requieren distintos tipos de formulaciones. Las más importantes son las siguientes:

*Polvos para espolvoreo y polvos humectables*, productos finamente divididos constituidos por el plaguicida mezclado con un material inerte. Los polvos humectables se mezclan, además, con sustancias mojantes que facilitan la suspensividad del producto en el agua, pulverizándose después esta suspensión acuosa.

*Granulados*, productos preparados con materias inertes en forma de granos de pequeño tamaño que pueden aplicarse directamente al suelo.

*Líquidos para pulverizar o diluir*, preparaciones en las que el plaguicida líquido está disuelto, generalmente, en un disolvente derivado del petróleo. Se aplican directamente o después de una simple dilución en un disolvente.

*Líquidos emulsionables*, preparaciones en las que el plaguicida líquido está disuelto junto con los emulgentes que hacen posible la formación de una emulsión estable cuando se diluye o se agita en el agua.

*Emulsiones*, productos preparados en forma de emulsión que se aplican directamente previa su disolución en agua.

Según registros de intoxicaciones, a continuación se listan productos seleccionados con autorización del Servicio Agrícola Ganadero (SAG) (\*):

| <b>NOMBRE COMERCIAL</b> | <b>INGREDIENTE ACTIVO</b> | <b>FORMULACIÓN</b>       |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Aythroid TM 525 SL      | Metamidofos + Cyflutrin   | Concentrado Soluble      |
| Birlane 240 EC          | Clorfenvinfos             | Concentrado Emulsionante |
| Dimetoato 40            | Dimetoato                 | Concentrado emulsionante |
| Dimetoato 40 EC         | Dimetoato                 | Concentrado emulsionante |
| Malation 57 EC          | Malation                  | Concentrado emulsionante |
| Metamidofos 600 SL      | Metamidofos               | Concentrado soluble      |
| Monitor 600             | Metamidofos               | Concentrado soluble      |
| MTD 600                 | Metamidofos               | Concentrado soluble      |
| MTD 600 SL              | Metamidofos               | Líquido soluble          |
| Tamaron 600 SL          | Metamidofos               | Concentrado soluble      |
| Salut                   | Dimetoato + Clorpirifos   | Concentrado emulsionante |

El criterio de selección en base al tipo de ingrediente activo es el siguiente resultado de compuestos a analizar:

| <b>N°</b> | <b>Ingrediente Activo</b> | <b>Fórmula Química</b> | <b>Formulación</b>                   |
|-----------|---------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1         | Clorfenvinfos             | $C_{12}H_{14}Cl_3O_4P$ | Concentrado emulsionante             |
| 2         | Dimetoato                 | $C_5H_{12}NO_3PS_2$    | Concentrado emulsionante             |
| 3         | Malation                  | $C_{10}H_{19}O_6PS_2$  | Concentrado emulsionante             |
| 4         | Metamidofos               | $C_2H_8NO_2PS$         | Concentrado soluble, líquido soluble |

(\*) **NOTA:**

**EC:** Concentrado emulsionante, líquido homogéneo para ser aplicado como una emulsión después de ser diluido en agua.

**SL:** Concentrado soluble, líquido homogéneo que, al ser diluido en agua, forma una emulsión verdadera del activo, pudiendo contener auxiliares de formulación insolubles {4}.

## 5- TIEMPO DE RESPUESTA

---

En primer lugar, localizar la ubicación donde se realizarán los análisis.

La comuna de Melipilla se encuentra ubicada en el denominado eje costero de la Región Metropolitana, porque es ramal de San Antonio, Valparaíso, Pichilemu, San Fernando y Santa Rosa de Pelequén.

La Provincia de Melipilla es una de las 6 provincias que conforman la Región Metropolitana (Figura N°4), ubicada a unos 60 kms de Santiago, posee una superficie de 4.553 km<sup>2</sup>, se desarrolla en los valles que se van conformando en medio de las formaciones de la cordillera de la costa, dentro de sus límites están al norte la Región Metropolitana y la Región de Valparaíso, al este con las provincias de Chacabuco y Talagante, al oeste con la Región de Valparaíso y al sur con la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

Esta provincia se caracteriza por ser eminentemente agrícola, ya que la población ocupada en ese sector económico en algunas comunas supera el 70% y en las de menor relevancia no bajan del 37%.



*Figura N° 4: Mapa Provincia de Melipilla, Ilustre Municipalidad de Melipilla*

*Fuente: [www.melipilla.cl](http://www.melipilla.cl)*

La mayor parte de la superficie está destinada a praderas naturales y artificiales, ocupando alrededor de 178.190 hectáreas, equivalente a más del 80% del total. Sin embargo, hay que considerar que estas praderas naturales, por lo general, se encuentran en suelos con muchas limitaciones de uso. Las grandes extensiones dedicadas a praderas, se ven justificadas por la presencia de un total de 109.150 cabezas de ganado de bovino; representando un 64,5 del total regional y 2,9% del total nacional.

Por otra parte, en términos de cultivo anuales y plantaciones; el cultivo extensivo de cereales alcanza a 16.430 ha (40,9%); los frutales con 9.910 ha (24,7%) y las hortalizas y flores llegan a 4.780 ha (11,9%). El resto de los cultivos representan índices inferiores al 10%.

La zona en estudio se clasifica como una zona de clima templado cálido, con una estación seca prolongada de 7 a 8 meses.

Según el mapa climático de Chile, el área corresponde a un clima mediterráneo, que representa lluvias durante la estación cálida y un régimen térmico marino. Es un clima con inviernos suaves, con algunas heladas, con una estación libre de heladas mayor a 4,5, con temperaturas máximas diarias promedio del mes frío entre 10 y 21°C con un promedio de temperaturas máximas diarias de los meses cálidos superior a 21°C y con una estación seca de más de 5 meses.

Las precipitaciones en esta zona tienen un promedio anual mayor que 300 mm, siendo el mes más lluvioso Julio.

Los vientos dominantes son los del poniente, en orden de importancia, le siguen los del sur y en tercer lugar los del norte.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [www.melipilla.cl](http://www.melipilla.cl)

## **5.1- TIPOS DE SUELO**

### *Serie Lo Vásquez, Franco arcilloso arenoso*

Son suelos evolucionados de origen residual, derivados de rocas granodioríticas, moderadamente profundos, se presentan en los cerros de la cordillera de la costa de región central, principalmente en el camino antiguo de Melipilla a Casablanca, al iniciarse Cuesta de Ibacache.

Son suelos de buen drenaje, permeabilidad lenta y escurrimiento superficial rápido, que presentan aptitudes para praderas y principalmente para forestales.

### *Serie Piedmont Lo Vasquez, Franco*

Suelos de origen aluvial, moderadamente profundos en los sectores de la cordillera de la costa donde ocurren asociados con los suelos de la serie Lo Vásquez que ocupan la topografía de lomajes fuertes o cerros.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 480 mm y la temperatura media anual es de 14,2°C.

Cuenta con un buen drenaje, permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial rápido, por ello, no tiene aptitud agrícola, solamente ganadero- forestal.

### *Serie Agua del Gato*

Suelos de origen lacustre, ligeramente profundos que se presentan en el sector depresional al suroriente de la cuenca de Santiago y otros sectores depresionales, al sur poniente de la ciudad El Monte, Valle de Mallarauco, etc.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 460 mm y la temperatura media anual es de 14,2 °C.

Es un tipo de suelos imperfectamente drenado, de permeabilidad lenta y escurrimiento superficial moderado rápido. Su aptitud agrícola es para praderas y chacras de temporada, especialmente melones y papas.

### *Serie Chiñigue*

Son de origen aluvial, moderadamente profundos, que se presentan en terrazas antiguas del río Maipo, o bien, terrazas remanentes en las proximidades de Talagante Chiñigue.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 400 mm y la temperatura media anual es de 14,2 °C.

Suelo bien drenado, permeabilidad rápida y escurrimiento superficial lento, que presenta aptitud para los cultivos de la zona de arraigamiento moderadamente profundo, incluyendo algunos frutales y viñas.

### *Serie Codigua*

Suelos de origen aluvial, estratificados, pedregosos, que se presentan en la terraza más baja y la planicie de inundación del río Maipo, en los sectores sur occidentales de Melipilla; son suelos de color pardo grisáceo muy oscuro.

Son suelos moderadamente bien drenados de permeabilidad rápida y escurrimiento superficial lento, con aptitud agrícola, para cultivos de arraigamiento moderadamente profundos a profundos, secundariamente para frutales y viñas.

### *Serie La Higuera*

Son suelos profundos, derivados de sedimentos aluviales mezclados depositados en aguas tranquilas que se presentan ocupando terrazas intermedias del río Maipo, inmediatamente al oriente de Melipilla. Son de escasa o ninguna evolución, franco limonoso, de color negro en la superficie y gris muy oscuro en profundidad.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 460 mm y la temperatura media anual es de 14,2 °C.

Poseen drenaje, permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial lento, por lo que tiene aptitud para todo tipo de cultivo de la zona, incluyendo frutales y viñas.

### *Serie Pahuilmo*

Son suelos de origen lacustre, profundos que se presentan en el sector depresional que corre sensiblemente paralelo al norte del Río Maipo entre Talagante y Melipilla y que se conoce como el Valle de Mallarauco.

Posee características vérticas que presentan pedones negros desde la superficie hasta 100 cm y más.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 460 mm y la temperatura media anual es de 14,2 °C.

Es un suelo moderadamente bien drenado, con permeabilidad moderadamente lenta y escurrimiento superficial moderado. Tiene una aptitud agrícola para todo tipo de cultivo, chacras y cereales y pastos. Frutales que resisten las condiciones de humedad o el efecto de la tracción de las raíces cuando el suelo se seca.

### *Serie Pomaire*

Suelos de origen coluvial, profundos en posición de plano inclinado que descansan sobre un substratum aluvial de arcillas gravas y piedras por debajo de los 150 cm.

Su régimen de humedad es xérico, la precipitación media anual es de 400 mm y la temperatura media anual es de 14,2 °C.

Suelo drenado, permeabilidad lenta y escurrimiento superficial moderadamente rápido, que presenta aptitud agrícola para todos los cultivos de la zona, chacras, cereales y pastos.

### *Serie San Diego*

Suelos derivados de sedimentos aluviales graníticos profundos que se presentan ocupando terrazas aluviales intermedias en el estero Puangue; de color pardo muy oscuro en matices de 10 YR en la superficie, textura franca y estructura de bloques subangulares medios.

Posee buen drenaje, permeabilidad lenta y escurrimiento superficial moderado. Su aptitud agrícola es para todo tipo de cultivo, incluso frutales y parronales, si el clima lo permite.



*Figura N°5: Mapa y distancias entre sectores de la Provincia de Melipilla,*

*Fuente: www.todomelipilla.cl*

## **5.2- CÁLCULO TIEMPO DE RESPUESTA**

Utilizando las distancias detalladas en la figura N°9, se realizan los cálculos de las respectivas distancias y tiempo de respuesta ante emergencias que involucren compuestos organofosforados entregados en la tabla N°2.

*Tabla N°2: Cálculos de tiempo de arribo a los distintos sectores de la Provincia de Melipilla,*

*Fuente: Estadísticas Cuerpo de Bomberos de Melipilla*

| <b>Localidad</b> | <b>Distancia</b> | <b>Velocidad</b> | <b>Tiempo de arribo</b> |
|------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| El Bajo          | 2 km             | 80 km/h          | 2 min                   |
| Chocalán         | 4 km             | 80 km/h          | 5 min aprox             |
| Pabellón         | 9 km             | 80 km/h          | 10 min aprox            |
| Puangue          | 11 km            | 80 km/h          | 9 min                   |
| Bollenar         | 15 km            | 80 km/h          | 2 min                   |
| Pahuilmo         | 24 km            | 80 km/h          | 5 min                   |
| Santa Teresa     | 33 km            | 80 km/h          | 14 min                  |
| Cuesta Pelvin    | 42 km            | 80 km/h          | 21 min                  |



**Tabla N°3:** Cálculo de concentración de compuestos organofosforados en derrames. Considerando la concentración inicial y los tiempo de arribo a los distintos sectores de la Provincia de Melipilla señalados en Tabla N° 2.

|               | <b>Clorfenvinfos<br/>[mg/l]</b> | <b>Dimetoato<br/>[mg/l]</b> | <b>Malation<br/>[mg/l]</b> | <b>Metamidofos<br/>[mg/l]</b> |
|---------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| El Bajo       | $8,209 \times 10^{-3}$          | $9,160 \times 10^{-8}$      | $2,473 \times 10^{-7}$     | $2,259 \times 10^{-8}$        |
| Chocalán      | $4,725 \times 10^{-8}$          | $5,038 \times 10^{-7}$      | $1,36 \times 10^{-6}$      | $4,142 \times 10^{-7}$        |
| Pabellón      | $1,804 \times 10^{-7}$          | $1,924 \times 10^{-6}$      | $5,194 \times 10^{-6}$     | $1,582 \times 10^{-6}$        |
| Puangue       | $1,469 \times 10^{-7}$          | $1,566 \times 10^{-6}$      | $4,223 \times 10^{-6}$     | $1,288 \times 10^{-6}$        |
| Bollenar      | $8,591 \times 10^{-9}$          | $9,160 \times 10^{-8}$      | $2,473 \times 10^{-7}$     | $2,259 \times 10^{-8}$        |
| Pahuilmo      | $4,725 \times 10^{-8}$          | $5,038 \times 10^{-7}$      | $1,36 \times 10^{-6}$      | $4,142 \times 10^{-7}$        |
| Sta Teresa    | $3,488 \times 10^{-7}$          | $3,719 \times 10^{-6}$      | $1,004 \times 10^{-5}$     | $3,058 \times 10^{-2}$        |
| Cuesta Pelvin | $7,757 \times 10^{-7}$          | $1,078 \times 10^{-5}$      | $2,908 \times 10^{-5}$     | $8,855 \times 10^{-6}$        |

Considerando los tiempos de arribo según los distintos sectores, mediante operaciones y modelos matemáticos se pudo calcular las concentraciones de cada compuesto organofosforado analizado según el sector y tiempo transcurrido (Tabla N°3).

### **LÍMITES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN**

**Tabla N°4:** Dosis Letales dérmica y oral de los organofosforados seleccionados.

Fuente: Hojas de Seguridad de cada compuesto, Anexo D, D.1, D.2, D.3

| <b>COMPUESTO</b> | <b>DL<sub>50</sub> Dérmica<br/>[mg/kg]</b> | <b>DL<sub>50</sub> Oral<br/>[mg/kg]</b> |
|------------------|--|---|
| Clorfenvinfos    | 46,7                                       | 110                                     |
| Dimetoato        | 2000                                       | 1250                                    |
| Malation         | 3508                                       | 9649                                    |
| Metamidofos      | 192  | 18                                      |

Según tabla N°4, nos indica que las concentraciones indicadas en la tabla N°3 están dentro de un rango seguro y alejadas de los valores de dosis letales ya sea dérmica u oral. Por lo que esta información permite establecer tiempos de exposición seguro de respuesta a incidentes específicamente derrames masivos de compuestos organofosforados.

## 6- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)

---

Los equipos de protección personal son medios prácticos de protección, particularmente en situaciones de emergencia, pero no reemplazan la acción de trabajar con seguridad en las operaciones con plaguicidas.

Es necesario tener presente que tales equipos protegen solamente a la persona que los usa, no así al personal sin protección que estén en el área contaminada expuestos al peligro.

Los equipos de protección personal, para que cumplan su objetivo, deberán ser certificados y usados en el control del riesgo para cual fueron diseñados. (Decreto N°594, art.54). También deberán cumplir requisitos de calidad y comodidad para que las personas los usen.<sup>5</sup>

Las personas que tengan que usar los equipos deberán ser entrenadas en el uso de ellos.

|        | <b>Elementos a usar</b>   |
|--------|---|
| Cuerpo | Ropa Impermeable que comprenda protección del cuerpo y para los ojos.   |
| Ojos   | Protectores oculares especiales para productos químicos, adaptables al rostro de tal modo que impidan la penetración de los plaguicidas, éstos podrán ser del tipo anteojos o máscara facial.   |
| Manos  | Guantes de puño largo, de goma, nitrilo, neopren o látex  |
| Pies   | Botas de goma o PVC con suela antideslizante, la caña de éstas puede ser media o larga.<br>El pantalón impermeable no debe introducirse en las botas, sino que permanecer por encima de éstas, para evitar la penetración del plaguicida. |

---

<sup>5</sup> “Hazardous Materials for first Responders”, International Fire Service Training Association, Third edition, IFSTA, Oklahoma, 1995.

Es esencial evitar la inhalación de plaguicidas, y para ese fin es necesario usar respiradores con filtro adecuados para el plaguicida involucrado, de filtro químico especial para productos orgánicos.

Principalmente se tendrá un enfoque en los EPP identificados por la norma NFPA 472, Norma para la competencia profesional del personal de respuesta a incidentes con materiales peligrosos, específicamente ropa protectora y protección respiratoria, los dos componentes básicos necesarios para proteger al individuo del contacto con sustancias químicas.

## **6.1- ROPA DE PROTECCIÓN**

La ropa de protección debe ser usada cada vez que un individuo se enfrenta a los riesgos potenciales derivados de la exposición química. La ropa de protección típica utilizada en los incidentes de materiales peligrosos está diseñada para proteger del calor y materiales peligrosos en contacto con la piel o los ojos. El contacto de la piel con materiales peligrosos puede causar una variedad de síntomas, incluyendo quemaduras químicas, reacciones alérgicas y erupciones, y la absorción de los materiales tóxicos en el cuerpo.<sup>6</sup>

Según Norma 472, se identifican los siguientes tres tipos de ropa de protección:

- Ropa de protección contra incendios estructurales
- Ropa de protección contra alta temperaturas
- Ropa de protección Química:
  - a) Ropa de protección contra salpicaduras de líquidos
  - b) Ropa de protección contra vapores

De acuerdo, al tipo de compuesto abordado, es que sólo se detalla el tipo de ropa protectora adecuada para el trabajo con este tipo de sustancias.

---

<sup>6</sup> *National Fire Protection Association, NFPA 472, Standard of Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents, 1997*

## ROPA DE PROTECCIÓN QUÍMICA

El propósito de la Ropa de protección Química es proteger y aislar a los individuos de los productos químicos, físicos y peligros biológicos que pueden encontrarse en las operaciones con materiales peligrosos. Tal como se recoge en la norma NFPA 472 se reconocen dos tipos de ropa de protección química:

### a) Ropa de Protección contra salpicaduras

Principalmente la ropa protectora de salpicaduras de líquidos está diseñada para proteger a los usuarios de las salpicaduras de los productos químicos, pero no contra los vapores o gases emitidos por productos químicos. La norma NFPA 1992 establece los criterios de diseño mínimos para este tipo de ropa, pueden ser encapsulados o no encapsulado.

Un traje de encapsulación es una sola prenda de una pieza que protege contra salpicaduras o, en el caso de vapores y gases. Las botas y guantes son a veces por separado, o unido y reemplazados. Sus limitaciones son la dificultad de comunicación y la necesidad un sistema de respiración auto contenido.

Un traje no encapsulado consta comúnmente de una sola pieza, pero a veces se compone de piezas individuales como una chaqueta, capucha, pantalones, o un overol. Las brechas entre mangas de los pantalones y botas, y entre los guantes y mangas son selladas. Dentro de sus limitaciones se incluyen las siguientes:

La protección contra salpicaduras y polvo pero no contra gases y vapores, no proporciona cobertura de cuerpo completo: partes de la cabeza y el cuello a menudo están expuestos, la poca ventilación en el interior del traje contribuye al estrés por calor.

Una limitación común en ambos trajes de encapsulación es la no resistencia a la exposición al calor o las llamas. El material de la ropa de protección contra salpicaduras de líquidos es del mismo tipo de materiales utilizados para trajes protectores de vapor. La ropa de protección contra salpicaduras de líquidos debe ser testeada y resistente a la penetración de los siguientes productos químicos según en la norma NFPA 1992:

- Acetona
- Acetonitrilo
- Acetato de etilo
- Hexano
- 50% p / p de hidróxido de sodio
- 93,1% p / p de ácido sulfúrico
- Tetrahidrofurano.



**Figura N°5:** Izquierda: Ropa contra salpicaduras no encapsulado, Derecha: Ropa contra salpicaduras encapsulado. Fuente: "Hazardous Materials for first Responders", International Fire Service Training Association, Third Edition, IFSTA, Chapter 6 "Personal Protective Equipment".

Esta lista representa a los productos químicos considerados los peores peligros de penetración más comunes enfrentados por los respondedores de emergencias. La mayoría de los fabricantes de los mínimos requeridos.

Cuando se utiliza como parte de un conjunto de protección, los conjuntos de protección contra salpicaduras de líquido pueden utilizar un sistema de respiración auto contenida, respirador con suministro de aire, o una máscara completa, purificador de aire. Este tipo de ropa de protección es un componente nivel B según EPA.

b) Ropa de protección contra vapores

La ropa de protección contra vapores está diseñada para un mayor nivel de protección que la ropa de protección contra salpicaduras de líquidos. En la NFPA 1992 se plantean los requisitos para un nivel mínimo de protección para el personal de respuesta frente a la exposición a sustancias químicas específicas. Esta norma establece los requisitos de rendimiento para el vapor, el encapsulado total de los trajes protectores y resistencia a pruebas de ensayos de permeabilidad química y llama rígidas contra 21 químicos.



*Figura N°6: Ropa de protección contra vapores, Traje Nivel A. Fuente: "Hazardous Materials for first Responders", International Fire Service Training Association, Third Edition, IFSTA, Chapter 6 "Personal Protective Equipment".*

Dentro del conjunto de protección de vapores se deben usar equipo de respiración de presión positiva. Estos trajes se utilizan sobre todo como parte de un nivel A considerado por EPA.

Las limitaciones de este tipo de trajes es principalmente la dificultad de movilidad, visión y comunicación. También no permite que el calor del cuerpo escape con facilidad, por lo que puede contribuir al estrés por calor, que puede requerir el uso de un chaleco de refrigeración.

Los conjuntos protectores de vapor están hechos de una variedad de materiales especiales. Ninguna combinación de equipo y ropa de protección es capaz de proteger a una persona contra todos los peligros. NFPA 1991 requiere, como mínimo, que el traje de debe estar certificado para proporcionar una protección mínima de los productos químicos

enlistados más abajo, los requisitos son que el traje pase la prueba de resistencia a la penetración en contra de las siguientes sustancias químicas: acetona, acetonitrilo, amoníaco anhidro (gas), 1,3-butadieno (gas), disulfuro de carbono, cloro (gas), diclorometano, dietil amina, dimetil formamida, acetato de etilo, óxido de etileno (gas), hexano, cloruro de hidrógeno (gas), metanol, cloruro de metilo (gas), nitrobenceno, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico, tetracloroetileno, tetrahidrofurano, tolueno.

## **6.2- PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

La gran cantidad de productos agro-químicos con diferentes características físico-químicas usados en el control de plagas y enfermedades en la actividad agrícola, es una de las razones que dificultan la selección de los respiradores y filtro protectores.

Por otra parte, la eficacia en la protección depende en gran medida del ajuste del equipo en el rostro del individuo y del estado de funcionamiento y conservación del equipo.

Las consideraciones anteriores revisten una importancia vital, ya que, por las características tóxicas de muchos de estos productos, el uso de protección respiratoria es indispensable para proteger la salud del personal que manipulará o trabajará en la contención del plaguicida derramado.

La protección respiratoria es un dispositivo, aparato, equipo o grupo de ellos que protege el sistema respiratorio de la exposición a agentes químicos.<sup>7</sup>

En este caso, se elegirá ocupar los equipos que funcionan por el método de purificación de aire.

---

<sup>7</sup> *Guía para la selección y Control de protección respiratoria, Instituto de Salud Pública de Chile, Departamento de Salud Ocupacional.*



## **EQUIPOS PURIFICADORES DE AIRE**

En estos equipos el aire a inhalar pasa previamente a través de un material filtrante que retiene los contaminantes. En caso que el aire pase a través del material filtrante y fluya sólo por la acción respiratoria (inhalación), estos equipos se denominan purificadores de aire de tipo “Presión Negativa”. Cuando el aire pase a través del medio filtrante y fluya apoyado por un motor- ventilador, estos equipos se denominan equipos purificadores de aire de tipo “Presión Positiva”.

- a) Los equipo purificadores de aire pueden presentarse bajo la forma de:
- Pieza facial filtrante (auto filtrante)
  - Pieza facial más filtro

La pieza facial es la parte de la protección respiratoria que cubre la boca y la nariz (pieza facial de medio rostro) o cubre el rostro completo (pieza facial de rostro completo) y debe ser fabricada de modo que se ajuste a la cara del usuario proporcionando hermeticidad al ingreso de gases o partículas.

- b) Los filtros pueden ser de los siguientes tipos:
- Contra partículas: retiene partículas sólidas y/o líquidas en suspensión en el aire en forma de polvo, neblina y/o humo.
  - Contra gases y/o vapores: retiene gases y/o vapores específicos.
  - Mixtos: retiene partículas sólidas y/o líquidas dispersas, así como gases y/o vapores específicos.

### **6.3 - SELECCIÓN EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Se requerirá de protección respiratoria cuando la exposición a un agente químico (plaguicidas) signifique un riesgo para la salud, por lo que es necesario contar, previamente, con la identificación y evaluación de riesgos del lugar (cualitativa y/o cuantitativa).

#### **a) ÍNDICE DE PROTECCIÓN**

Para seleccionar el equipo de protección personal adecuado (EPP), se realiza el cálculo del Índice de Protección, este se calcula dividiendo la concentración de cada organofosforado ( $C_{\text{ambiental}}$ ) por el límite permisible ( $DL_{50}$ ).<sup>8</sup>

$$I_p = \frac{C_{\text{ambiental}}}{DL_{50}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Utilizando la ecuación (1), se realizaron los cálculos correspondientes y los resultados se muestran en la tabla N°5, donde se consideró la concentración de cada organofosforado dividido por las dosis permisibles tanto a nivel dérmico como a nivel oral.

---

<sup>8</sup> *Guía para la selección y Control de protección respiratoria, Instituto de Salud Pública de Chile, Departamento de Salud Ocupacional.*

*Tabla N°5: Índices de Protección organofosforados seleccionados.*

|                      | <b>Índice de Protección</b> | <b>Clorfenvinfos [mg/l]</b> | <b>Dimetoato [mg/l]</b>  | <b>Malation [mg/l]</b>   | <b>Metamidofos [mg/l]</b> |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>El Bajo</b>       | Dérmico                     | $1,7600 \times 10^{-4}$     | $1,0292 \times 10^{-10}$ | $7,0496 \times 10^{-11}$ | $1,1766 \times 10^{-10}$  |
|                      | Oral                        | $7,5000 \times 10^{-5}$     | $1,2811 \times 10^{-10}$ | $2,5629 \times 10^{-11}$ | $1,2550 \times 10^{-9}$   |
| <b>Chocalán</b>      | Dérmico                     | $1,0125 \times 10^{-9}$     | $5,6607 \times 10^{-10}$ | $3,8769 \times 10^{-10}$ | $2,1573 \times 10^{-9}$   |
|                      | Oral                        | $4,2955 \times 10^{-10}$    | $7,0462 \times 10^{-10}$ | $1,4095 \times 10^{-10}$ | $2,3011 \times 10^{-8}$   |
| <b>Pabellón</b>      | Dérmico                     | $3,8629 \times 10^{-9}$     | $2,1618 \times 10^{-9}$  | $1,4806 \times 10^{-9}$  | $8,2396 \times 10^{-9}$   |
|                      | Oral                        | $1,6400 \times 10^{-9}$     | $2,6909 \times 10^{-9}$  | $5,3829 \times 10^{-10}$ | $8,7889 \times 10^{-8}$   |
| <b>Puangue</b>       | Dérmico                     | $3,1456 \times 10^{-9}$     | $1,75955 \times 10^{-9}$ | $1,2038 \times 10^{-9}$  | $6,7083 \times 10^{-9}$   |
|                      | Oral                        | $1,3355 \times 10^{-9}$     | $2,1902 \times 10^{-9}$  | $4,3766 \times 10^{-10}$ | $7,1556 \times 10^{-8}$   |
| <b>Bollenar</b>      | Dérmico                     | $1,8396 \times 10^{-10}$    | $1,0292 \times 10^{-10}$ | $7,0496 \times 10^{-11}$ | $1,1927 \times 10^{-10}$  |
|                      | Oral                        | $1,6724 \times 10^{-12}$    | $1,2811 \times 10^{-10}$ | $2,5629 \times 10^{-11}$ | $1,2722 \times 10^{-9}$   |
| <b>Pahuilmo</b>      | Dérmico                     | $1,0125 \times 10^{-9}$     | $5,6607 \times 10^{-10}$ | $3,8769 \times 10^{-10}$ | $2,1573 \times 10^{-9}$   |
|                      | Oral                        | $4,2955 \times 10^{-10}$    | $7,0462 \times 10^{-10}$ | $1,4095 \times 10^{-10}$ | $2,3011 \times 10^{-8}$   |
| <b>Santa Teresa</b>  | Dérmico                     | $7,4689 \times 10^{-9}$     | $4,1787 \times 10^{-9}$  | $2,8620 \times 10^{-9}$  | $1,5900 \times 10^{-4}$   |
|                      | Oral                        | $3,1709 \times 10^{-9}$     | $5,2014 \times 10^{-9}$  | $1,0405 \times 10^{-9}$  | $1,6990 \times 10^{-3}$   |
| <b>Cuesta Pelvin</b> | Dérmico                     | $1,6610 \times 10^{-8}$     | $1,2112 \times 10^{-8}$  | $8,2896 \times 10^{-9}$  | $4,6119 \times 10^{-8}$   |
|                      | Oral                        | $7,0518 \times 10^{-9}$     | $1,5077 \times 10^{-8}$  | $3,0138 \times 10^{-9}$  | $4,9194 \times 10^{-7}$   |

## b) FACTOR DE PROTECCIÓN

Todos los equipos de protección respiratoria tienen asignado un factor de protección que indica el grado de protección respiratoria que proporcionará al trabajador que lo use; cuanto más alto será la protección respiratoria proporcionada.

Para saber el factor de protección que el equipo deberá proporcionar se debe determinar el índice de protección. Con este valor se determina el factor de protección requerido del equipo, el cual deberá ser igual o mayor a este. Mediante la tabla N°6 se puede determinar el factor de protección.

**Tabla N°6:** Índice de Protección y Factor de Protección requerido del equipo.

*Fuente: “Guía para la selección y control de protección respiratoria”,*

*Instituto de Salud Pública de Chile.*

| <b>Índice de Protección</b> | <b>Factor de Protección</b> |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1- 9                        | 10                          |
| 10- 49                      | 50                          |
| 50- 99                      | 100                         |
| 100- 999                    | 1.000                       |
| 1.000– 10.000               | 10.000                      |

En el caso de los compuestos analizados, se obtuvieron los siguientes Factores de Protección mostrados en la Tabla N°7, considerando los Índices de Protección calculados en tabla N°5 y seleccionando el Factor de Protección según corresponda a cada compuesto según lo indicado en tabla N°6:

*Tabla N°7: Factores de Protección Compuestos Organofosforados*

|                      | <b>Índice de Protección</b> | <b>Clorfenvinfos</b> | <b>Dimetoato</b> | <b>Malation</b> | <b>Metamidofos</b> |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| <b>El Bajo</b>       | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Chocalán</b>      | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Pabellón</b>      | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Puangué</b>       | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Bollenar</b>      | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Pahuilmo</b>      | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Sta Teresa</b>    | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
| <b>Cuesta Pelvin</b> | Dérmico                     | 10                   | 10               | 10              | 10                 |
|                      | Oral                        | 10                   | 10               | 10              | 10                 |

Dada la condición indispensable del uso del respirador para la protección de la salud del personal que acude al incidente, el equipo debe ser elegido de entre aquellas marcas y/o modelos que garanticen su eficacia protectora, certificada por organismo nacionales autorizados o extranjeros con reconocimiento internacional, como es el caso del NIOSH (Instituto Nacional para Seguridad y Salud Ocupacional, EE.UU.).

Para la selección del tipo de equipo de protección respiratoria, se consideraron las siguientes piezas de protección que varía según el tipo de contaminante y su nivel de protección indicados en la Figura N°10, corresponden a:

- Pieza facial de media máscara con purificador respirador de aire.
- Pieza facial de máscara completa con purificador respirador de aire



*Figura N°10: Inferior: Pieza facial de media máscara,  
Superior: Pieza facial de máscara completa.*

## **6.4- SELECCIÓN DE MÁSCARAS Y FILTROS**

Dado el carácter internacional de la nomenclatura y clasificación de filtro del NIOSH, a la que se asimilan los modelos de todas las marcas de mayor prestigio en el mundo, a continuación se detalla información,

| <b>NOMENCLATURA NIOSH</b>  |                           |
|--|---------------------------|
| <b>(Tipos de Filtros)</b>  |                           |
| <b>PARTÍCULAS</b>  | <b>GASES Y VAPORES</b>    |
| N 95/100   | AG: Gases Ácidos          |
| R 95/100   | OV: Vapores Orgánicos     |
| P 95/100   | OV/AG: Cartucho Combinado |
| P: Para usar en presencia de aerosoles oleosos y no oleosos<br>R: Para usar en presencia de aerosoles oleosos y no oleosos<br>(máximo 8 horas de uso)<br>N: para usar en presencia de aerosoles no oleosos |                           |

### FORMULACIÓN SÓLIDA

| <b>Formulación Sólida</b>       | <b>Recomendación<br/>Filtro y/o Cartucho</b>     | <b>Clasificación<br/>Respirador</b>  |
|---------------------------------|--|--------------------------------------|
| Polvo seco(no oleoso)           | Filtro tipo N95 o N100                           | Respirador<br>Purificador<br>De aire |
| Polvo mojabable (no oleoso)     |  |                                      |
| Polvo soluble (no oleoso)       |  |                                      |
| Gránulos (no oleoso)            |  |                                      |
| Fumigante Sólido (no/si oleoso) | Filtro N ó P95 ó 100 +<br>Cartucho químico OV/GA |                                      |

## FORMULACIÓN LÍQUIDA

| <b>Formulación líquida</b>                 | <b>Recomendación<br/>Filtro / prefiltro y/o cartucho</b>   | <b>Clasificación<br/>respirador</b>  |
|--|--|--------------------------------------|
| Concentrados o líquidos emulsionables      | Oleoso: prefiltro P95 ó 100 + cartucho OV<br>No oleoso: prefiltro N95 ó 100 + cartucho OV                    | Respirador<br>Purificador<br>De aire |
| Líquidos miscibles o solubles (No oleosos) | Oleoso: prefiltro P95 ó 100 + cartucho OV  |                                      |
| Microencapsulados (No oleosos)             | Filtro N95 ó 100   |                                      |
| Suspensiones concentradas (No oleosos)     | Filtro tipo N95 ó 100  |                                      |
| Fumigante líquido (No oleosos)             | Prefiltro N ó P95 ó 100 + cartucho OV o GA (depende del agente químico si es vapor orgánico, o es gas ácido) |                                      |
| Aerosoles                                  | Oleoso: prefiltro P95 ó 100<br>No oleoso: prefiltro N95 ó 100 + cartucho OV                                  |                                      |

Considerar que la duración del filtro es limitada y hay que reemplazarlo apenas pase algún olor o sabor a plaguicida. Además, tener en cuenta que estos filtros no proveen oxígeno adicional, así que no deben usarse en lugares cerrados o con ventilación deficiente.

Los equipos mencionados anteriormente se deben usar limpios y en buenas condiciones. Desechar inmediatamente un equipo roto o deteriorado, ya que pierden por completo su utilidad y da una falsa sensación de seguridad.



a) Partículas

Considerando tabla N°2 del Anexo D

- 1- Filtro contra partículas más pieza facial de media máscara
- 2- Filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa

b) Gases y/o Vapores

Considerando tabla N°3 del anexo D.1

- 1- Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de media máscara
- 2- Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de máscara completa

c) Partículas y Gases y/o Vapores

Considerando tabla N°4 del anexo D.2

- 1- Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de media máscara.
- 2- Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa.

## 7- PLAN DE RESPUESTA ANTE DERRAMES MASIVOS DE ORGANOFOSFORADOS

---

El desarrollo de un derrame depende en gran medida de la cantidad de compuesto involucrado, presencia de otras sustancias en combinación, condiciones climáticas y tipos de suelo donde se produzca el incidente, siendo su evolución muy diversa en función de las condiciones antes mencionadas y al momento de la detección.

Con el objetivo de crear una herramienta útil para el equipo de primera respuesta en incidentes que involucren compuestos organofosforados, se plantea una serie de procedimientos adaptables al tipo de emergencia.

### 1- Solicitar datos básicos antes de llegar al incidente:

El manejo de un incidente por materiales organofosforados se inicia desde el momento en que se recibe la llamada. El manejo correcto de la información garantiza la seguridad de los primeros respondedores. Lo primero es la seguridad del personal que responde.

Datos que se deben recabar:

- Lugar y hora del incidente
- Víctimas (número y condición)
- Presencia de fuego o generación de explosión
- Liberación visible
- Condiciones meteorológicas y dirección del viento
- Signos, marcas o nombres que permitan reconocer o identificar el material organofosforado

## 2- Acciones iniciales al llegar a la escena.

Al llegar a la escena y comprobar que se trata de material organofosforado, se deben tomar las siguientes acciones:

- a) Aproximación y ubicación correcta de la unidad de emergencia
  - A favor del viento ( con el viento soplando en la espalda)
  - Desde un área más elevada
  - Aguas arriba

NOTA: Una distancia inicial de precaución debe ser de espaldas al viento no menor a 10 mts, para derrames químicos y 300 mts, para explosivos.

- b) Aislamiento del área, evitar entrada a la zona y establecer un perímetro inicial de seguridad.
- c) Intentar reconocer o identificar el producto, mediante hojas de seguridad, simbología, placas o utilizando cualquier otro tipo de información que permita o facilite la identificación.
- d) Realizar evaluación continua de la situación con el fin de realizar cambios en las acciones anteriores si es necesario.

## **7.1- ZONAS DE AISLAMIENTO**

- a) Zona Caliente: (también llamada zona de peligro, zona roja o zona de exclusión)  
Área de máximo peligro donde está ubicado el material organofosforado. Sólo puede entrar el personal adecuadamente capacitado, entrenado y protegido.
  
- b) Zona Tibia: (también llamada zona de transición, zona amarilla o zona de contaminación reducida)  
Área de transición, entre la zona caliente y la zona fría. Esta área alejada del peligro ayuda a prevenir que los contaminantes se propaguen hacia áreas no afectadas. Requiere protección.
  
- c) Zona Fría: (también llamada zona limpia o zona verde)  
Área fuera del rango de contaminación potencial. El público debe estar fuera de esta zona. Aquí puede operar el nivel PRIMAP (Grupo de Primera Respuesta ante incidentes con Materiales Peligrosos).<sup>9</sup>

## **7.2- FUNCIONES DE APOYO DE UN PRIMER RESPONDEDOR EN UN INCIDENTE CON COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS.**

Una vez que la sustancia involucrada ha sido categorizada como Organofosforado, los miembros de los grupos de primera respuesta pueden desempeñar varios trabajos en apoyo al incidente y bajo la supervisión del personal de técnicos o especialista en materiales peligrosos. Los grupos especializados se encargan de los aspectos técnicos del incidente. Las otras tareas referentes a apoyar al trabajo de los grupos especializados recaerán

---

<sup>9</sup> *Hazardous Materials for first Responders, International Fire Service Training Association, Third edition, IFSTA, Oklahoma, 1995.*

sobre los primeros respondedores que estén capacitados y tengan el equipo y la protección requerida.

## **OPERACIONES DEFENSIVAS Y DE CONTROL EN DERRAMES DE COMPUESTOS ORGANOFOSFORADOS**

- Diques, presas, áreas de retención para prevenir que el material derramado se propague por toda el área.
- Utilización de absorbentes.
- Dilución.

### **7.3- CONTENCIÓN, CONFINAMIENTO Y DELIMITACIÓN DE ÁREAS**

El objetivo principal en esta etapa es minimizar la extensión de la contaminación y las consiguientes amenazas para la salud y el medio ambiente. Las técnicas apropiadas para la contención dependen del tipo y localización del derrame. El control apropiado de un incidente puede facilitar la limpieza y descontaminación del área. El control inadecuado puede extender significativamente la contaminación y la cantidad de material que debe enviarse a un confinamiento para su disposición final.

Se entiende por derrame, fuga, descarga o emisión que resulta de un incidente con compuestos organofosforados (liberación del material peligroso al medio ambiente).

El agua, el suelo y la superficie del agua son las áreas de interés inmediato.

Las sustancias tóxicas que rápidamente se mueven por el aire, recorren grandes distancias y tienen el riesgo potencial para convertirse en algo sumamente peligroso muy rápidamente.

La superficie del agua recibe frecuentemente contaminantes en forma directa e inmediata.

#### **7.4 - CONTROL DE DERRAMES**

- a) Los métodos de control pueden clasificarse usando 2 tipos de características, físico y defensivas / ofensivas.
  - Los controles físicos utilizan métodos de absorción del material peligroso, pero sin alterar su composición química.
  - Los controles defensivos son aquellas acciones emprendidas por los primeros que responden a la emergencia, con la finalidad de evitar la expansión del derrame.
  - Los controles ofensivos son aquellas acciones emprendidas por los técnicos o especialistas para detener la fuga desde el contenedor.

## **Movimiento del Derrame**

Un derrame de algún material puede presentarse en tres formas: gas, líquido o sólido. El producto puede estar en combinación de estos tres estados. Los productos de acuerdo a un tiempo determinado pueden (de acuerdo a sus características físicas) tener varios movimientos.

- 1- Vertical: Este movimiento es hacia abajo por medio de filtración a través del suelo y desprendiendo vapores en el aire.
- 2- Lateral: Se da a lo largo de una superficie por incremento de área.
- 3- Combinado: Esto involucra un movimiento en tres dimensiones y hay que tomarlo en cuenta si se intenta contener un material peligroso.

## **OBJETIVOS DE UNA CONTENCIÓN ADECUADA**

Se necesita el cumplimiento de 3 objetivos para una reducción sustancial de los costos de limpieza.

- 1- Limitar la extensión de la contaminación.
- 2- Minimizar el impacto al medio ambiente y a la población.
- 3- Prevenir la dispersión en los cursos de agua, filtración en la tierra y filtración sustancial al abastecimiento de agua potable.

## **MÉTODO I: MITIGACIÓN FÍSICA**

Es el control y contención de un material peligroso sin modificar su constitución química. Los materiales son mantenidos en almacenamientos seguros, pero todavía son peligrosos en la naturaleza.

### **Técnicas de Contención**

- 1- Absorción: Utiliza un material absorbente para retener líquidos o gases pero al mojarse con el material absorbido aumenta su volumen.

*Tabla N°8: Señala recomendaciones de material de absorción de acuerdo al tipo de compuesto, X: se recomienda.*

| <b>COMPUESTO</b> | <b>TIERRA</b> | <b>ARENA SECA</b> |
|------------------|---------------|-------------------|
| Clorfenvinfos    | X             | X                 |
| Dimetoato        | X             |                   |
| Malation         | X             |                   |
| Metamidofos      | X             | X                 |

- 2- Dilución: Reduce la concentración, pero agregando agua aumenta su volumen y movilidad.



**Tabla N°9:** Señala los datos de solubilidades de los compuestos para el cálculo de cantidad de agua necesaria para la dilución.

*X: se recomienda.*

| COMPUESTO     | SOLUBILIDAD                   | DILUYENTE: AGUA |
|---------------|-------------------------------|-----------------|
| Clorfenvinfos | 145 [mg/l]                    | X               |
| Dimetoato     | 25 [mg/l]                     | X               |
| Malation      | 145 [mg/l]                    | X               |
| Metamidofos   | Completamente soluble en agua | X               |

- 3- Capas de Espuma: Formar una capa de espuma sobre la superficie del sólido o líquido, para reducir la emisión de vapores.

**Tabla N°10:** Señala las recomendaciones de los tipos de espuma a usar de acuerdo al tipo de compuesto involucrado.

*X: se recomienda.*

| COMPUESTO     | ESPUMA SINTÉTICA | ESPUMA ORGÁNICA |
|---------------|------------------|-----------------|
| Clorfenvinfos | X                | X               |
| Dimetoato     | X                |                 |
| Malation      | X                |                 |
| Metamidofos   | X                | X               |

## **MÉTODO II: CONTENCIÓN SOBRE EL TERRENO**

Muchos tipos de incidentes por derrames ocurren sobre el terreno. Siempre que sea posible es preferible el contener sobre el terreno a permitir que el producto entre a un cuerpo de agua. El cuerpo de agua debe protegerse no descargando la contaminación al arroyo, subsuelo o a la alcantarilla.

### **Técnicas de Contención**

- 1- Represas: Pequeñas o grandes represas pueden ser construidas con tierra, arcilla, sacos de arena, bolsas llenas de agua, tablas y concreto.
- 2- Trincheras: Utilizadas con frecuencia en lugar de las represas, son normalmente forradas con un material plástico que sirve posteriormente como un área de recolección o recuperación del producto.
- 3- Diques: Los diques permanentes ofrecen muchas ventajas para las instalaciones de almacenamiento ya que ayudan a la contención de un derrame grande.

Las tres técnicas antes mencionadas, pueden ser ocupadas por los cuatro compuestos organofosforados analizados, la seleccionada dependerá a las exigencias del incidente.

## Uso de maquinaria pesada para la contención.

Con frecuencia la contención sobre el terreno puede requerir de la utilización de grandes herramientas y maquinaria. Se deben considerar algunos factores en el uso de maquinaria pesada para contener un derrame:

- 1- **SEGURIDAD:** Las características del producto establecen el tipo de maquinaria pesada. La inflamabilidad, toxicidad, límites de explosividad y el punto de flama deben considerarse.

*Tabla N°11: Señala los datos correspondientes a cada compuesto involucrado.*

| <b>Compuesto</b> | <b>Inflamabilidad</b> | <b>Toxicidad</b> | <b>Límites de explosividad</b> |
|------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|
| Clorfenvinfos    | Moderada              | Alta             | -                              |
| Dimetoato        | Moderada              | Nocivo           | Sobre 50°C                     |
| Malation         | Leve                  | Baja             | No es reactivo con el agua     |
| Metamidofos      |                       | Alta             | No explosivo                   |

- 2- **OPERACIÓN:** Uno de los problemas a considerar es el tener personal que esté disponible para operar la maquinaria pesada. Hay veces que el operador del equipo requiere uso de un respirador y alguna otra ropa especial de protección.

### **MÉTODO III: CONTENCIÓN DE TRINCHERAS**

Las trincheras son una forma de contener un derrame de líquido. Esto proporciona un área de contención del producto hasta que sea recuperado.

- 1- Trincheras grandes: Se necesita maquinaria para su construcción.
  
- 2- Trincheras pequeñas: Normalmente son construidas con herramientas de mano. Una práctica común es hacer una trinchera alrededor del contenedor derramado en caso de que la fuga o ruptura sea lenta. Se debe tener cuidado cuando se trabaja cerca de los contenedores volteados. La dirección del viento, el tipo de producto, la zona geográfica, la condición de los contenedores y muchas otras variables se tomarán en cuenta para la construcción de dichas trincheras.

Las dos técnicas antes mencionadas, pueden ser aplicadas en incidentes que involucren a cualquiera de los cuatro compuestos organofosforados analizados, la seleccionada dependerá a las exigencias del incidente.

### **MÉTODO IV: CONTENCIÓN EN ÁREAS URBANAS**

Un derrame sobre una superficie de terreno como una calle pavimentada obliga a tapar las descargas a cuerpos de agua. Los drenajes pluviales, alcantarillas, registros, arroyos son unas cuantas entradas de agua.

Tapas, espuma de poliuretano, represas de tierra y otros métodos pueden ser usados para desviar el producto de las áreas mencionadas.

## **Estrategias Defensivas**

Este es el único método que el personal de primera respuesta puede desarrollar y solo cuando no está expuesto al contaminante.

### 1- Desviar flujo del líquido

- a) Proporciona el control del movimiento del material a un área donde los efectos que produzca sean menos perjudiciales.
- b) Un derrame fluyendo sobre el terreno, puede ser rápidamente desviada de dirección por medio de una barrera (normalmente de tierra) anticipada al derrame. Un intento de desviar el derrame de realizarse tan pronto como el flujo empiece a avanzar.
- c) La pared desviadora debe ser construida de acuerdo con la velocidad y el ángulo del desplazamiento del producto. A mayor velocidad se requiere mayor distancia y mayor ángulo para detenerlo.

### 2- Diques para material derramado

- a) El uso de barreras para prevenir el paso del material a un área de daño potencial.
- b) Los diques deben de ser construidos prácticamente con cualquier material disponible tales como tierra, madera, escaleras, picos, postes y cubiertas de plástico.
- c) Materiales de lento movimiento pueden ser contenidos con un dique circular.
- d) Materiales con movimiento rápido pueden ser contenidos con un dique en “V”.

### 3- Retención del material derramado.

- a) La contención temporal del material en un área donde puede ser absorbido, diluido o levantado.
- b) Puede usarse cuando el líquido no puede desviarse o ponerse un dique, especialmente alrededor de un drenaje pluvial.
- c) Requiere un mínimo de personas para realizarlo.

4- Si es posible, colocar alguna cubierta (de lona o de plástico) frente al dique o desviación o del área de retención para minimizar la contaminación del suelo.

5- Ventajas de las estrategias defensivas

- a) El problema puede controlarse con las personas que empiezan a estar directamente expuestas al químico.
- b) Posiblemente debe ser complementada con equipo de protección personal (EPP) especial o equipo para la contención.
- c) Requiere de una mínima supervisión del centro de mano o de equipos especializados.
- d) El daño al medioambiente es minimizado.
- e) Se reducen los costos de limpieza.

## 8- ZONA DE REMEDIACIÓN

---

El suelo es un material constituido por el esqueleto de partículas sólidas rodeado por espacios libres (vacíos), en general ocupados por agua y aire.

En el suelo se distinguen tres fases:

**Sólida:** formada por partículas minerales del suelo, incluyendo la capa sólida adsorbida.

**Líquida:** generalmente agua (específicamente agua libre), aunque pueden existir otros líquidos de menor significación.

**Gaseosa:** comprende sobre todo el aire, si bien pueden estar presentes otros gases, por ejemplo: vapores de sulfuro, anhídridos carbónicos, etc.

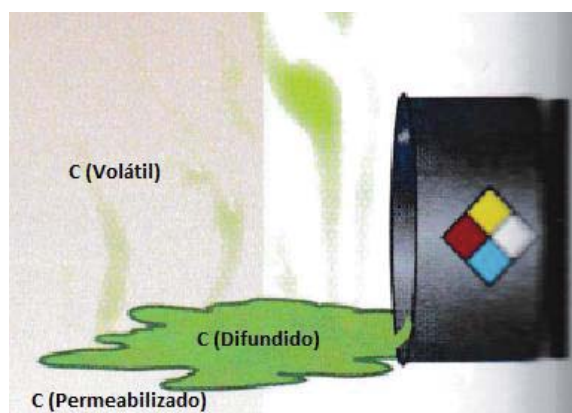
Las fases líquida y gaseosa conforman el volumen de vacíos, mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos.

Un suelo está totalmente saturado, cuando todos sus vacíos están ocupados únicamente por agua; en estas circunstancias consta, como caso particular, de sólo dos fases: la sólida y la líquida. Muchos suelos bajo la napa, están saturados.

Los suelos son medios permeables que tienen un amplio rango de niveles de permeabilidad, desde suelos muy permeables, como pueden ser las arenas y gravas a suelos de baja a muy baja permeabilidad, como pueden ser los limos y arcillas.

## 8.1-DESARROLLO MODELO DE CONCENTRACIÓN DE ORGANOFOSFORADOS EN EL SUELO

El transporte de organofosforados tras un derrame en el suelo está representado por la ecuación (2), que vincula el tipo de cambio de producto químico con la degradación de este al entrar en contacto con el suelo como se muestra en la figura N°20. Considerado por capa de estudio



*Figura N°20: Esquema modelo de dispersión de derrame de compuesto organofosforado*

$$\text{Acumulación} = \text{volatilizado} - \text{difundido} - \text{permeabilizado} - \text{absorbido}$$

*Ecuación (2)*

Debido a que el margen de tiempo a considerar es pequeño, el valor que corresponde a lo absorbido es despreciable. Considerando lo anterior, la ecuación (2) queda de la siguiente manera,

$$\text{Acumulación} = \text{volatilizado} - \text{difundido} - \text{permeabilizado}$$

*Ecuación (3)*



En base a la ecuación (3), se plantean los términos para determinar el modelo que mejor se ajusta a lo ocurrido en el suelo.

Cuando el compuesto organofosforado en estado líquido se volatiliza al ambiente, la transferencia de masa se produce como consecuencia del movimiento al azar de las moléculas (producto de la difusión) siendo las diferencias de actividad existentes en ambas fases la fuerza impulsora que genera este fenómeno. De esta manera para poder expresar la cantidad de compuesto organofosforado volatilizado, considerando que no hay transferencia entre el compuesto y el aire, es posible representar el flujo másico del compuesto mediante la ley de Fick, por lo que el balance de masa se muestra en la ecuación (4) expresado en términos de fracción másica.

$$N_{\text{compuesto}} = \frac{-\rho_c D_{ca}}{(1-x_c)} \frac{\partial x_c}{\partial z} \quad \text{Ecuación (4)}$$

*Fuente: Rosenow W; Choi H. Heat. "Mass and Momentum Transfer". Prentice Hall, Englewood Cliffs. 1961.*

El flujo másico total del compuesto organofosforado ( $N_{\text{COMPUESTO}}$ ) considera los aportes por difusión y transporte por velocidad.

Donde,

$\rho_c$  : Densidad del compuesto organofosforado [gr/cm<sup>3</sup>]

$D_{ca}$  : Difusividad del compuesto organofosforado en el aire [cm<sup>2</sup>/min]

$x_c$  : Fracción másica del compuesto organofosforado

De igual manera, para determinar la cantidad de organofosforado que se difunde en el suelo, se considera la expresión mostrada en la ecuación (5),

$$d = \nabla(D_{cs} \nabla C) \quad \text{Ecuación (5)}$$

*Fuente: W. Lambe y V. Whitman; "Mecánica de Suelos"; Limusa Noriega Editores.*

Donde,

$d$  : representa el flujo másico de compuesto organofosforado derramado en el suelo

$D_{cs}$  : Difusividad del compuesto organofosforado en el suelo [ $\text{cm}^2/\text{min}$ ]

$C$ : Concentración del compuesto organofosforado derramado [ $\text{gr}/\text{cm}^3$ ]

La cantidad de compuesto organofosforado que baja por el suelo depende mucho de la estructura del suelo (tanto la microestructura o disposición de las partículas como la macroestructura: estratificación, etc.). Por ende, se considera lo permeabilizado como la cantidad de compuesto que bajará o se filtrará en el suelo, este valor dependerá directamente del compuesto y del tipo de suelo.

Es importante considerar que el coeficiente de permeabilidad de suelos parcialmente saturados aumenta al aumentar la presión del líquido, pues esto provoca un incremento en la cantidad de gas disuelto y, por tanto, una disminución en el espacio ocupado por burbujas gaseosas.

Una ecuación que expresa la permeabilidad en los medios porosos es la ecuación de Kozeny –Carman, descrita a continuación, Ecuación (6):

$$k = \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \quad \text{Ecuación (6)}$$

*Fuente: T. William Lambe, V. Whitman; "Mecánica de suelos"; Limusa Noriega Edotires.*

Donde,

k: Coeficiente de permeabilidad de Darcy [cm/min]

$k_0$ : Factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado.

S: Superficie [cm<sup>2</sup>]

$\gamma$  : Peso específico del compuesto [gr/cm<sup>3</sup>]

$\mu$  : Viscosidad del compuesto [gr/cm\*min]

e: relación de vacíos

Considerando la ecuación (4), (5) y (6) para ser incluidas en un mismo balance, queda el siguiente modelo, ecuación (6)

$$-\frac{\partial C}{\partial t} = \left( \frac{-\rho D_{ca}}{1-x_c} * \nabla x_c \right) * \frac{1}{s} - \nabla(D_{cs} \nabla C) - \left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) * \nabla C \quad \text{Ecuación (7)}$$

Simplificando queda de la siguiente manera,

$$-\frac{\partial C}{\partial t} = \left( \frac{-\rho D_{ca}}{1-x_A} * \nabla x_c \right) * \frac{1}{s} - \nabla(D_{cs} \nabla C) - (\nabla K * C) \quad \text{Ecuación (8)}$$

## 8.2- PARÁMETROS

En resumen, según ecuación (7)

$$-\frac{\partial C}{\partial t} = \left( \frac{-\rho D_{ca}}{1-x_c} * \nabla x_c \right) * \frac{1}{s} - \nabla(D_{cs} \nabla C) - \left( \frac{1}{k_o S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) * \nabla C$$

Donde,

$\left( \frac{-\rho D_{ca}}{1-x_c} * \nabla x_c \right) * \frac{1}{s}$  : Representa cantidad de compuesto organofosforado volátil

$\nabla(D_{ca} \nabla C)$  : Representa cantidad de compuesto organofosforado difundido

$\left( \frac{1}{k_o S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) * \nabla C$  : Representa cantidad de compuesto organofosforado permeabilizado en el Suelo.

<sup>10</sup> Parámetros considerados,

$\rho_c$ : Densidad del compuesto organofosforado [gr/cm<sup>3</sup>].

$D_{ca}$ : Difusividad del compuesto organofosforado en el aire [cm<sup>2</sup>/min].

$x_c$  : Fracción másica del compuesto organofosforado.

$D_{cs}$ : Difusividad del compuesto organofosforado en el suelo [cm<sup>2</sup>/min].

C: Concentración del compuesto organofosforado derramado [gr/cm<sup>3</sup>].

$k_o$ : Factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado.

S: Superficie específica [cm<sup>2</sup>].

$\gamma$ : Peso específico del suelo [gr/cm<sup>3</sup>].

$\mu$ : Viscosidad del compuesto [gr/cm\*min].

e: Relación de vacíos

---

<sup>10</sup> *The Properties of gases and liquids, Reid, Prausnitz, Poling, 4° Edition MacGraw Hill.*

- PARÁMETRO: DENSIDAD ( $\rho_c$ )

Propiedad física importante al momento de considerar la persistencia de un compuesto organofosforado en el suelo. Se considerará la densidad de cada uno de los compuestos, de acuerdo a cada situación.

| COMPUESTO     | DENSIDAD<br>[gr/cm <sup>3</sup> ] |
|---------------|-----------------------------------|
| Clorfenvinfos | 1,360                             |
| Dimetoato     | 1,046                             |
| Malation      | 1,230                             |
| Metamidofos   | 1,260                             |

*Fuente: "The Properties of gases and liquids", Autor: Robert Reid, John Praushitz, Bruce Poling, 4° Edición.*

- PARÁMETRO: DIFUSIVIDAD ( $D_{CS}$ )

La Difusividad no es una propiedad de una sustancia, ya que no se puede hablar de transferencia de masa en sustancias puras. Es una propiedad de una mezcla, por lo que  $D_{CS}$  se refiere a la difusividad del compuesto volátil en el aire. En gases, la difusividad aumenta con la temperatura, y disminuye al aumentar la presión. También disminuye al aumentar el peso molecular. En un gas a baja presión, la difusividad es independiente de la concentración.

### Método Wilke and Lee

$$D_{AB} = \frac{\left[3,03 - \left(\frac{0,98}{\sqrt{PM_{AB}}}\right)\right] * (10^{-3}) T^{3/2}}{P \sqrt{PM_{AB}} \sigma_{AB}^2 \theta_D}$$

Ecuación (9)

Donde,

$D_{AB}$ : Coeficiente de Difusión binario, [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ]

T: Temperatura, [K]

PM: Peso molecular [g/mol]

$$PM_{AB}: 2 \left[ \left( \frac{1}{M_A} \right) + \left( \frac{1}{M_B} \right) \right]^{-1}$$

P: Presión [bar]

$\sigma_{AB}$ :  $\sigma = 1,18 V_b^{1/3}$ ; donde  $V_b$ : Volumen molar líquido [ $\text{cm}^3/\text{mol}$ ]

$\Theta_D$ :  $\frac{\epsilon}{k} = 1,15 T_b$ ; donde  $\epsilon_{AB} = (\epsilon_A \epsilon_B)^{1/2}$   
 $T_b$  = Punto de ebullición [K]

Datos:

$$\sigma_{\text{Aire}} = 3,62 \text{ \AA} \quad \frac{\epsilon}{k}(\text{aire}) = 97 \text{ [K]}$$

| COMPUESTO     | DIFUSIVIDAD EN AIRE [ $\text{cm}^2/\text{s}$ ] |
|---------------|--|
| Clorfenvinfos | $7,5869 \times 10^{-8}$                        |
| Dimetoato     | $7,4607 \times 10^{-8}$                        |
| Malation      | $5,4385 \times 10^{-8}$                        |
| Metamidofos   | $1,3982 \times 10^{-7}$                        |

*Fuente: Datos calculados mediante el Método Wilke and Lee, "The Properties of gases and liquids", 4ª Edición, Capítulo 11: Diffusion Coefficients, pág. 573.*

### Método de Wilke - Chang

$$D_{AB} = \frac{7,4 \times 10^{-8} \sqrt{(\phi PM_B) T}}{\mu_B V_A^{0,6}} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Donde,

$D_{AB}$  : Coeficiente de Difusividad mutuo de soluto A en concentraciones muy bajas de solvente B, [cm<sup>2</sup>/s]

$PM_B$ : Peso Molecular de solvente B, [g/mol]

T: Temperatura [K]

$\mu_B$ : Viscosidad de solvente B, [cp]

$V_A$ : Volumen molar de soluto A a su temperatura normal de ebullición, [cm<sup>3</sup>/mol]  
( $V_{A(\text{agua})} = 18,7$  [cm<sup>3</sup>/mol])

$\phi$ : Factor de asociación de solvente B, adimensional  
(2,6 = agua)

Considerando:

Soluto A= agua ; Solvente B= Organofosforado

| <b>COMPUESTO</b> | <b>DIFUSIVIDAD<br/>EN SUELO<br/>[cm<sup>2</sup>/s]</b> |
|------------------|--|
| Clorfenvinfos    | 0,000024   |
| Dimetoato        | 0,000054   |
| Malation         | 0,000021   |
| Metamidofos      | 0,000147   |

*Fuente: Datos calculados mediante el Método Wilke- Chang, "The Properties of gases and liquids",  
4° Edición, Capítulo 11: Diffusion Coefficients, pág. 577.*

- PARÁMETRO: FRACCIÓN MÁSCICA ( $x_c$ )

Correspondiente a la cantidad de compuesto organofosforado volátil en relación a la concentración del mismo en estado líquido derramado. (Correspondiente a la dosis letal de inhalación, DL<sub>50</sub> inhalación)

| COMPUESTO     | CONCENTRACIÓN<br>COMPUESTO VOLÁTIL<br>[mg/l] | [g/cm <sup>3</sup> ] |
|---------------|--|----------------------|
| Clorfenvinfos | 0,05   | $5 \times 10^{-8}$   |
| Dimetoato     | 0,4  | $4 \times 10^{-7}$   |
| Malation      | 5,2  | $5,2 \times 10^{-6}$ |
| Metamidofos   | 0,33   | $3,3 \times 10^{-7}$ |

- PARÁMETRO: CONCENTRACIÓN DEL COMPUESTO DERRAMADO (C)

Se considera el parámetro que se calcula, la concentración en el suelo del compuesto organofosforado derramado de acuerdo a la variación del tiempo.

- PARÁMETRO: FACTOR DE FORMA DE LOS POROS DEL SUELO ( $k_o$ )

Factor que varía de acuerdo al tipo de suelo.

| SUELO   | $K_o$ |
|---------|-------|
| Arcilla | 0,082 |
| Arena   | 0,002 |

*Fuente: Datos de permeabilidad y granulometría tomados de "Capillarity Tests by Capillarimeter and by Soil Filled Tubes" por K.S. Lane y D.E. Washburn, Proc. H.R.B., 1946.*



- PARÁMETRO: SUPERFICIE (S)

Dimensión de la superficie específica por unidad de volumen de partículas que involucre el derrame.

- PARÁMETRO: PESO ESPECÍFICO ( $\gamma$ )

Se define al peso específico relativo como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua destilada a 4°C sujeta a una atmósfera de presión.

El peso específico del agua destilada, a 4°C, y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del mar es 1,000 gr/cm<sup>3</sup>.

El peso específico del suelo, también llamado peso volumétrico de los sólidos.

En forma general:

- Arenas: 2,65 [gr/cm<sup>3</sup>]
- Arcillas: 2,5 a 2,9 [gr/cm<sup>3</sup>] con un valor medio estadístico de 2,7 [gr/cm<sup>3</sup>]

- PARÁMETRO: VISCOSIDAD ( $\mu$ )

Viscosidad dinámica o absoluta, la cual está relacionada con la viscosidad cinemática. Se debe tener presente que la viscosidad antes mencionada es una función de la temperatura y, por lo tanto, el coeficiente de permeabilidad también está en función de la temperatura del fluido.

Utilizando el método de Orrick y Erbar, para líquidos a bajas temperaturas

$$\ln \frac{\mu_L}{\rho_L PM} = A + \frac{B}{T} \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde,

$\mu_L$  : Viscosidad del líquido, [cp]

$\rho_L$  : Densidad a 20°C [gr/cm<sup>3</sup>]

$PM$ : Peso molecular

$A$  y  $B$ : Parámetros dados por la ecuación y varía según el compuesto.

$T$ : Temperatura, [K]

| COMPUESTO     | VISCOSIDAD<br>[gr/cm*min] |
|---------------|---------------------------|
| Clorfenvinfos | 0,02977                   |
| Dimetoato     | 0,01064                   |
| Malation      | 0,033195                  |
| Metamidofos   | 0,004844                  |

*Fuente: "The Properties of gases and liquids", 4° Edición, Capítulo 9: Viscosity, pág. 388.*

- **PARÁMETRO: FACTOR DE HUECOS (e)**

La proporción de vacíos en un elemento de suelo se expresa en función de la relación de vacíos, razón de vacíos o índice de poros, denotada con la letra "e", o en función de la porosidad, denotada con la letra "n". Ambos parámetros son adimensionales, con frecuencia "n" se expresa en porcentaje. La relación de vacíos vincula el volumen de vacíos con una magnitud constante, para un determinado tipo de suelo, en el tiempo; en tanto "n" lo hace con un valor que varía en el tiempo (por cargas, desecamiento o humectación). Estas dos relaciones se pueden vincular de la siguiente manera:

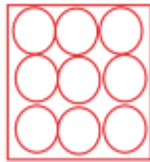
$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V_t - V_v} = \frac{\frac{V_v}{V_t}}{1 - \frac{V_v}{V_t}}$$

$$e = \frac{n}{1-n} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$n = \frac{e}{1+e} \quad \text{Ecuación (13)}$$

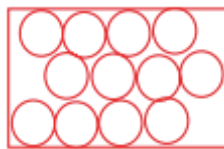
- Suelos Granulares

Los rangos de valores de relación de vacíos y porosidad que se encuentran comúnmente en los suelos granulares dependen de la organización de las partículas en el esqueleto del suelo. En condiciones extremas pueden ilustrarse considerando un suelo ideal con partículas esféricas de tamaño uniforme.



Suelo granular ideal de partículas esféricas, ordenadas en un arreglo cúbico con seis puntos de contacto por esfera.

Figura A



Suelo granular ideal de partículas esféricas, ordenadas en un arreglo rómbico con doce puntos de contacto.

Figura B

Figura A: Representa el estado más suelto (corresponde al máximo volumen de vacíos)

Máximo  $e = 0,91$

Máximo  $n = 47,6\%$

Figura B: Simboliza el estado más denso (corresponde al mínimo volumen de vacíos)

Mínimo  $e = 0,35$

Mínimo  $n = 26,0\%$

Los valores extremos que se obtienen en la práctica para suelos granulares se encuentran notablemente limitados por los vacíos teóricos. Los rangos típicos son los siguientes:

Arenas bien graduadas:  $e = 0,43 - 0,67$   $n = 30\% - 40\%$   
 Arenas de tamaño uniforme:  $e = 0,51 - 0,85$   $n = 34\% - 46\%$

Es claro que el conocimiento de la relación de vacíos de un suelo en su estado natural no proporciona en sí mismo una información suficiente para establecer si el suelo se encuentra en su estado “suelto o denso”. Esta información puede obtenerse sólo si la relación de vacíos “e” (in situ) se compara con la relación de vacíos máxima y mínima  $e_{MÁX}$  y  $e_{MÍN}$ , que pueden obtenerse con ese suelo.

- Suelos Cohesivos

Estos suelos generalmente poseen una proporción de vacíos mucho más alta que la que es posible en suelos granulares. Esto se debe a la actividad electroquímica asociada con las partículas de mineral de arcilla, que dan lugar a la formación de estructuras muy abiertas del tipo “panel de abejas” o similar. En general, pueden tomarse como valores típicos, los rangos siguientes:

$e = 0,55 - 5,00$   $n = 35\% - 83\%$

Considerando lo anterior, los datos a utilizar son:

| SUELO   | VACÍO (e) |
|---------|-----------|
| ARENA   | 0,85      |
| ARCILLA | 2,78      |

*Fuente: Datos de permeabilidad y granulometría tomados de “Capillarity Tests by Capillarimeter and by Soil Filled Tubes” por K.S. Lane y D.E. Washburn, Proc. H.R.B., 1946.*

### 8.3- SIMULACIÓN

Considerando la ecuación (7),

$$-\frac{\partial C}{\partial t} = \left( \frac{-\rho D_{ca}}{1-x_c} * \nabla x_c \right) * \frac{1}{s} - \nabla(D_{cs} \nabla C) - \left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) * \nabla C$$

Para desarrollar el cálculo de concentración de compuesto organofosforado en el tiempo, es necesario evaluar en dos casos, considerando  $x=0$  cuando el compuesto organofosforado está en la superficie del suelo y previo a que comience a ser absorbido. Y un segundo caso, considerando  $x \neq 0$  cuando el compuesto organofosforado comienza a descender y ser absorbido por el suelo.

Caso:  $x = 0$

$$\frac{1}{s} \left( \frac{\rho D_{ca}}{1-x_c} \frac{\partial x_c}{\partial z} \right) = -D_{cs} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) \frac{\partial C}{\partial x} \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde,

$$\frac{\partial x_c}{\partial z} = \frac{\Delta x_c}{\Delta z} = \frac{x_{sup} - x_{aire}}{z_{sup} - z_{aire}}$$

Considerando:  $x_{aire} = 0$  ;  $z_{sup} = 0$  y utilizando Ley de Rault,

Se obtiene,

$P * y_i = x_i * P^V$ ; considerando  $x_i = 1$

$$x_{sup} = \frac{P^v}{P}$$

Siendo,  $x_{sup}$ : fracción del compuesto organofosforado en la superficie

Mediante el coeficiente de transferencia de masa puedo conocer la cantidad de compuesto volatilizado,

$$J = D * A * \frac{\partial C}{\partial X}$$

$$J = h * \nabla C$$

Reemplazando la ecuación N°14 y multiplicando por S, se tiene:

$$\frac{1}{s} \left( \frac{\rho D_{ca}}{1 - x_c} \frac{\partial x_c}{\partial z} \right) \frac{s}{s}$$

$$\frac{1}{s^2} \left( \frac{\rho D_{ca} S}{1 - x_c} \frac{\partial x_c}{\partial z} \right)$$

Considerando el coeficiente de transferencia de masa como,  $h = \frac{D_{ca} S}{\partial z}$

$$\frac{1}{s^2} \left( \frac{\rho}{1 - x_c} h \Delta x_c \right)$$

Desarrollando la ecuación se tiene

$$\beta = \frac{1}{s^2} \left( \frac{\rho}{1 - x_c} h \Delta x_c \right)$$

$$\beta = \frac{1}{s^2} \left( \frac{\rho}{1 - x_c} h (x_{sup} - x_c) \right) \quad \text{Ecuación (15)}$$

Para el desarrollo de las variaciones de concentración, se realiza una discretización utilizando el método de Serie de Taylor,

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = \frac{C_{i+2} - 2C_{i+1} + C_i}{\Delta x^2} \quad \text{Ecuación (16)}$$

$$\frac{\partial C}{\partial x} = \frac{C_{i+1} - C_i}{\Delta x} \quad \text{Ecuación (17)}$$

Reemplazando la ecuación (16) y (17) en la ecuación (14), se obtiene

$$\frac{1}{S^2} \left( \frac{\rho}{1-x_c} h(x_{sup} - x_c) \right) = -D_{cs} \left( \frac{C_2^t - 2C_1^t + C_0^t}{\Delta x^2} \right) - \left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) \left( \frac{C_1^t - C_0^t}{\Delta x} \right)$$

*Ecuación (18)*

Despejando la variable  $C_0^t$  que representa la concentración inicial del compuesto organofosforado en un tiempo t en la ecuación (18), se obtiene

$$C_0^t = \frac{\frac{1}{S^2} \left( \frac{\rho}{1-x_c} h(x_{sup} - x_c) \right) + D_{cs} C_2^t \Delta x^2 - D_{cs} 2C_1^t \Delta x^2 + \left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) C_1^t \Delta x}{\left( \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)} \right) \Delta x - D_{cs} \Delta x^2}$$

*Ecuación (19)*

Considerando las siguientes simplificaciones,

$$\alpha = \frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)}$$

$$\beta = \frac{1}{S^2} \left( \frac{\rho}{1-x_c} h(x_{sup} - x_c) \right)$$

Y reemplazándolas en la ecuación (19), se obtiene

$$C_0^t = \frac{\beta + D_{cs} C_2^t \Delta x^2 - D_{cs} 2C_1^t \Delta x^2 + \alpha C_1^t \Delta x}{\alpha \Delta x - D_{cs} \Delta x^2}$$

*Ecuación (20)*

Caso:  $x \neq 0$

$$\left(\frac{C_1^t - C_1^{t-1}}{\Delta t}\right) = -D_{cs} \left(\frac{C_2^{t-1} - 2C_1^{t-1} + C_0^{t-1}}{\Delta x^2}\right) - \left(\frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)}\right) \left(\frac{C_1^{t-1} - C_0^{t-1}}{\Delta x}\right)$$

*Ecuación (21)*

Utilizando la ecuación (21) para despejar la variable  $C_1^t$  que representa la concentración posterior del compuesto organofosforado en un tiempo  $t$ , se obtiene

$$C_1^t = \left(-D_{cs} \left(\frac{C_2^{t-1} - 2C_1^{t-1} + C_0^{t-1}}{\Delta x^2}\right) - \left(\frac{1}{k_0 S^2} \frac{\gamma_t}{\mu} \frac{e^3}{(1+e)}\right) \left(\frac{C_1^{t-1} - C_0^{t-1}}{\Delta x}\right)\right) * \Delta t + C_1^{t-1}$$

*Ecuación (22)*

De esta manera, se consideran las ecuaciones (20) y (22) para determinar las concentraciones de compuesto organofosforado en las distintas capas del suelo a medida que se absorbe y desciende.

A continuación, se ejemplifica como se plantearon las discretizaciones respectivas para los cálculos.

| t/x | 0             | 1             | 2             |
|-----|---------------|---------------|---------------|
| 0   | $C_0$         | Ecuación (22) | Ecuación (22) |
| 1   | Ecuación (20) | Ecuación (22) | Ecuación (22) |
| 2   | Ecuación (20) | Ecuación (22) | Ecuación (22) |



## **8.4- RESULTADOS**

Considerando las ecuaciones (20) y (22) se determina la cantidad de compuesto organofosforado absorbido por el suelo y a su vez se estima la cantidad de suelo contaminado:

Gráfico N°1 y Gráfico N°2: Representan las variaciones de la concentración de Clorfenvinfos a una distancia y tiempo determinado, uno en tipo de suelo arenoso y otro arcilloso.

Gráfico N°3 y Gráfico N°4: Representan las variaciones de concentración de Dimetoato a una distancia y tiempo determinado, uno en tipo de suelo arenoso y otro arcilloso.

Gráfico N°5 y Gráfico N°6: Representan las variaciones de concentración de Malation a una distancia y tiempo determinado, uno en tipo de suelo arcilloso y otro arcilloso.

Gráfico N°7 y Gráfico N°8: Representan las variaciones de concentración de Metamidofos a una distancia y tiempo determinado, uno en tipo de suelo arenoso y otro arcilloso.

Gráfico N°9 y Gráfico N°10: Representan las variaciones de la concentración de Clorfenvinfos en una tiempo y distancia determinada, el primero en suelo arenoso y el otro en suelo arcilloso.

Gráfico N°11 y Gráfico N°12: Representan las variaciones de la concentración de Dimetoato en una tiempo y distancia determinada, el primero en suelo arenoso y el otro en suelo arcilloso.

Gráfico N°13 y Gráfico N°14: Representan las variaciones de la concentración de Malation en una tiempo y distancia determinada, el primero en suelo arenoso y el otro en suelo arcilloso.

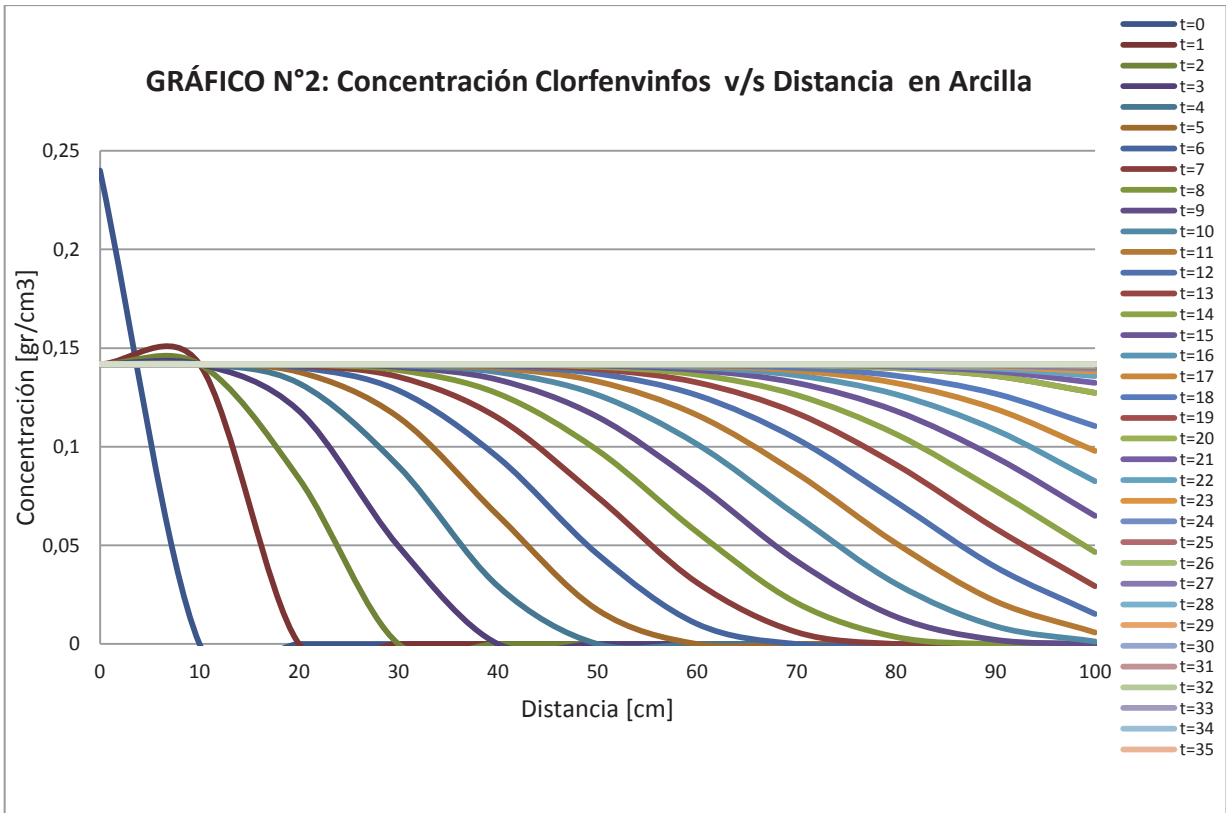
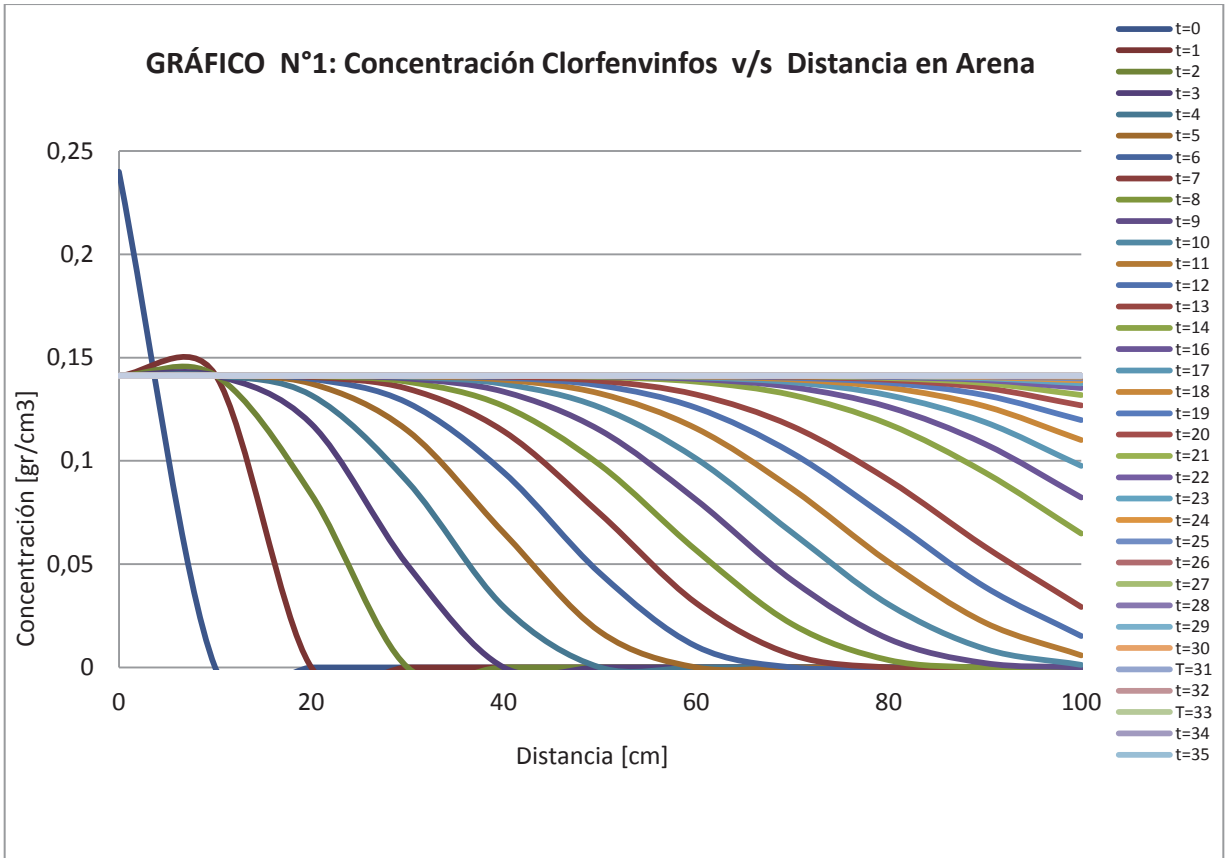
Gráfico N°15 y Gráfico N°16: Representan las variaciones de la concentración de Metamidofos en una tiempo y distancia determinada, el primero en suelo arenoso y el otro en suelo arcilloso.

Gráfico N°17: Variación de Concentración de Clorfenvinfos a diferentes distancia en estado estacionario, en suelo arenoso y arcilloso.

Gráfico N°18: Variación de Concentración de Dimetoato a diferentes distancia en estado estacionario, en suelo arenoso y arcilloso.

Gráfico N°19: Variación de Concentración de Malation a diferentes distancia en estado estacionario, en suelo arenoso y arcilloso.

Gráfico N°20: Variación de Concentración de Metamidofos a diferentes distancia en estado estacionario, en suelo arenoso y arcilloso.



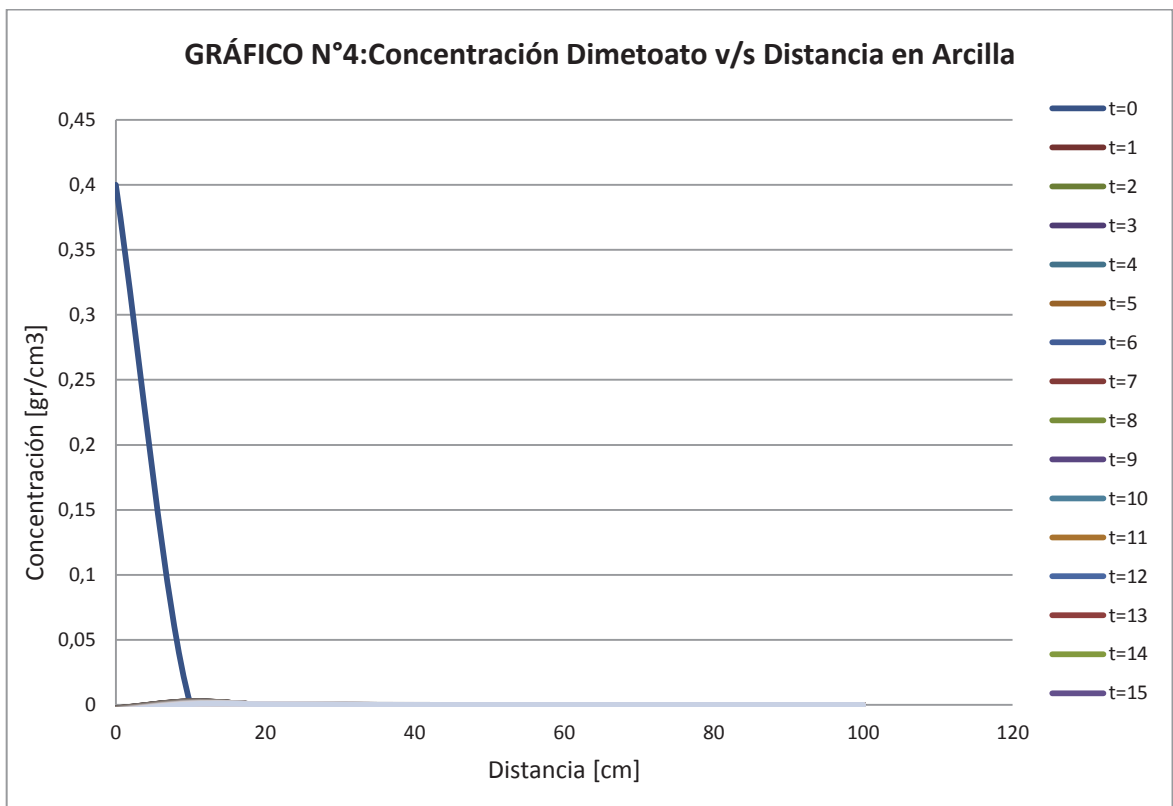
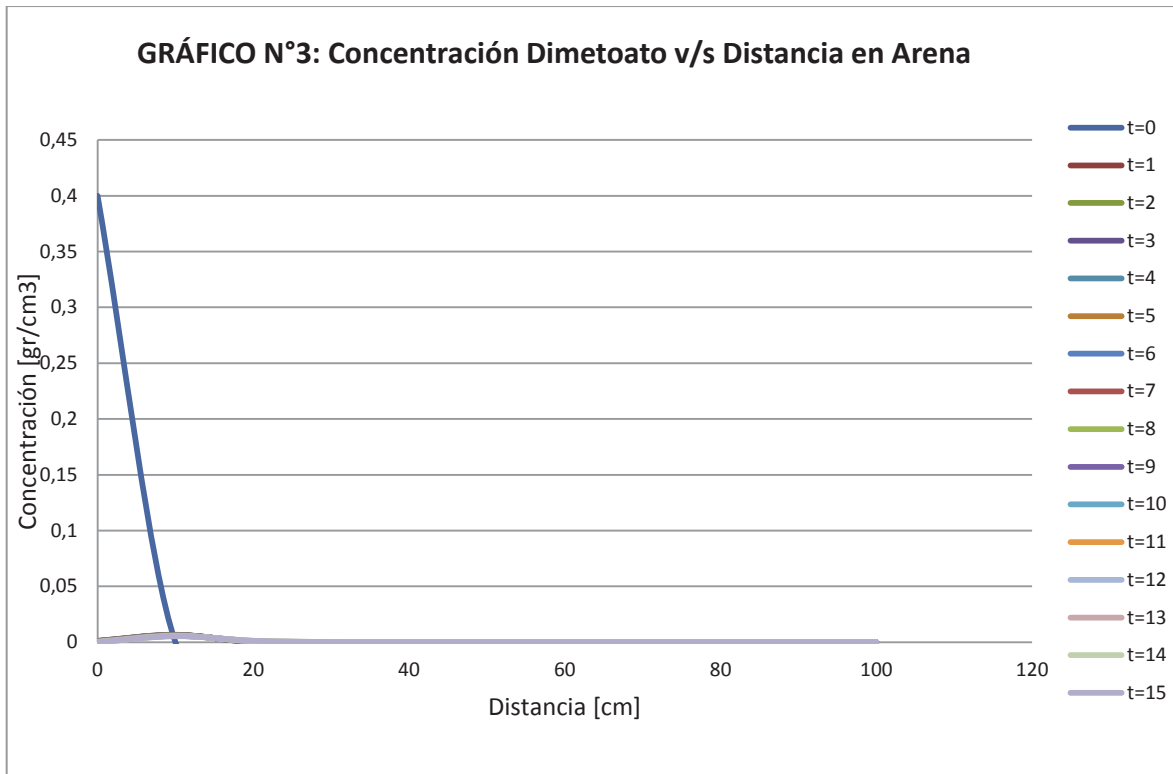
El Gráfico N°1, representa la variación de la concentración de Clorfenvinfos a una distancia y tiempo determinado, en suelo arenoso.

Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Clorfenvinfos en un suelo de tipo arenoso es similar en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto es absorbido, su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°2 se muestra la variación de Clorfenvinfos a una distancia y tiempo determinado, en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso.

Dentro de las variables que influyen de manera directa en las variaciones y comportamiento del compuesto organofosforado en el suelo se encuentra la humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, ambas variables consideradas en el dato de Presión de Vapor del compuesto  $7,5 \times 10^{-6}$  [mm de Hg], dato determinante para conocer la cantidad de compuesto volatizado; la solubilidad en el agua 124 [mg/l] a 20 °C, la densidad del compuesto  $1,36$  [g/cm<sup>3</sup>], la viscosidad 0,0298 [g/cm\*s] y  $k_0$  factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado es 0,002 para suelo arenoso y 0,082 para suelo arcilloso, fueron datos considerados para el cálculo del Coeficiente de permeabilidad, obteniéndose un valor de 0,0591 [cm/min] en arena y 12,5731 [cm/min] en arcilla. Dato utilizado en la ecuación (15) y (17).

El resultado del Coeficiente de Permeabilidad permite conocer que el compuesto desciende con mayor velocidad en suelo arcilloso que arenoso. Y la condición de estado estacionario se obtiene a distancias profundidades: 2,7778 [cm] en suelo arenoso y 590,9357 [cm] en suelo arcilloso.



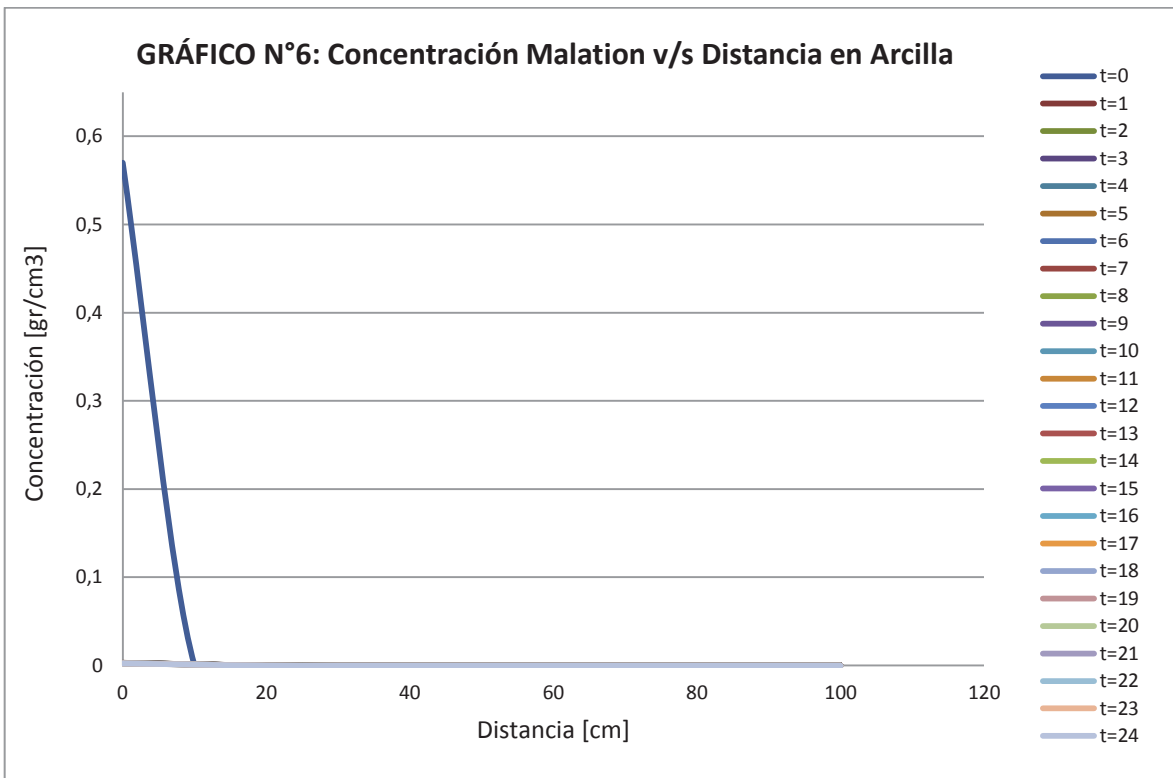
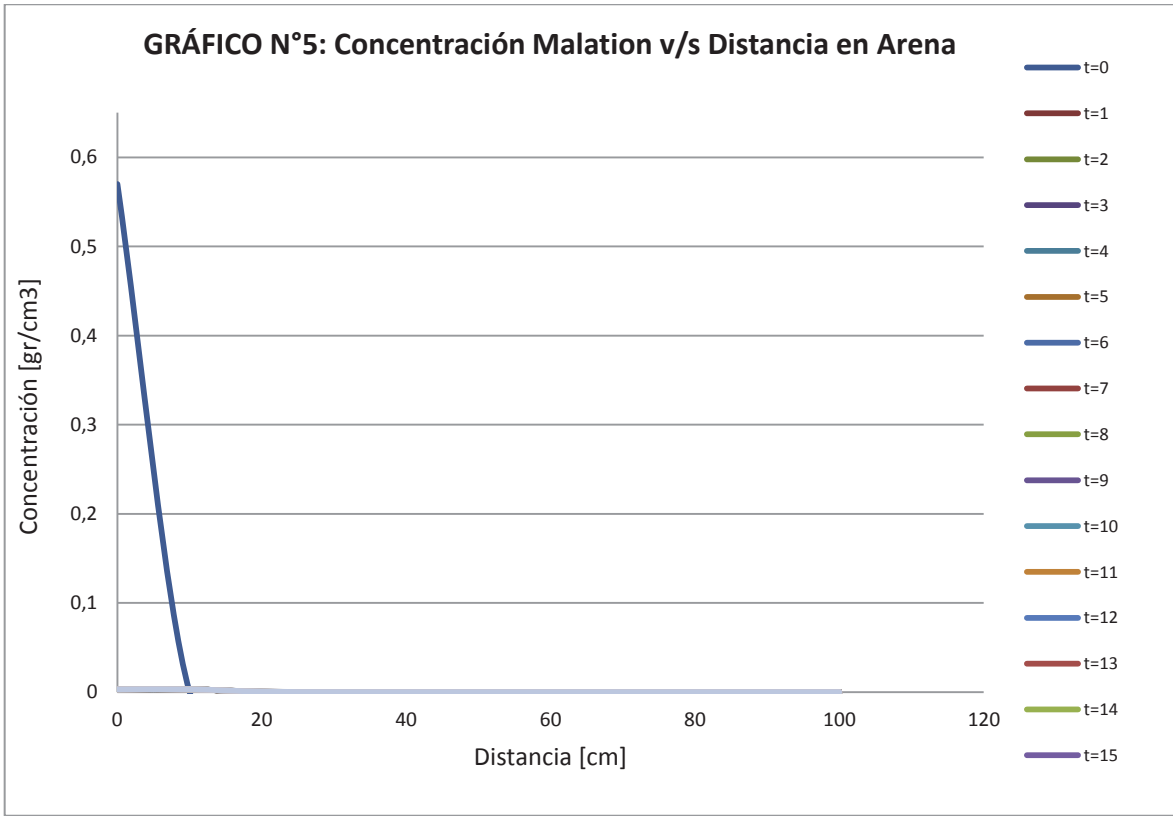
El Gráfico N°3, representa la variación de la concentración de Dimetoato a una distancia y tiempo determinado, en suelo arenoso.

Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Dimetoato en un suelo de tipo arenoso presenta la misma tendencia en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo exceptuando la superficie. Una vez que el compuesto es absorbido, su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°4 se muestra la variación de Dimetoato a una distancia y tiempo determinado, en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso.

Dentro de las variables que influyen de manera directa en las variaciones y comportamiento del compuesto organofosforado en el suelo se encuentra la humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, ambas variables consideradas en el dato de Presión de Vapor del compuesto 8.250,68 [mm de Hg], dato determinante para conocer la cantidad de compuesto volatizado; la solubilidad en el agua 25 [mg/l] a 20 °C, la densidad del compuesto 1,046 [g/cm<sup>3</sup>], la viscosidad 0,0106 [g/cm\*s] y  $k_0$  factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado es 0,002 para suelo arenoso y 0,082 para suelo arcilloso, fueron datos considerados para el cálculo del Coeficiente de permeabilidad, obteniéndose un valor de 0,1654 [cm/min] en arena y 0,0704 [cm/min] en arcilla. Dato utilizado en la ecuación (15) y (17).

El resultado del Coeficiente de Permeabilidad permite conocer que el compuesto desciende con mayor velocidad en suelo arenoso que arcilloso. Pero el estado estacionario se obtiene a distancias profundidades, 3,308 [cm] en suelo arenoso y 2,2936 [cm] en suelo arcilloso.



El Gráfico N°5, representa la variación de la concentración de Malation a una distancia y tiempo determinado, en suelo arenoso.

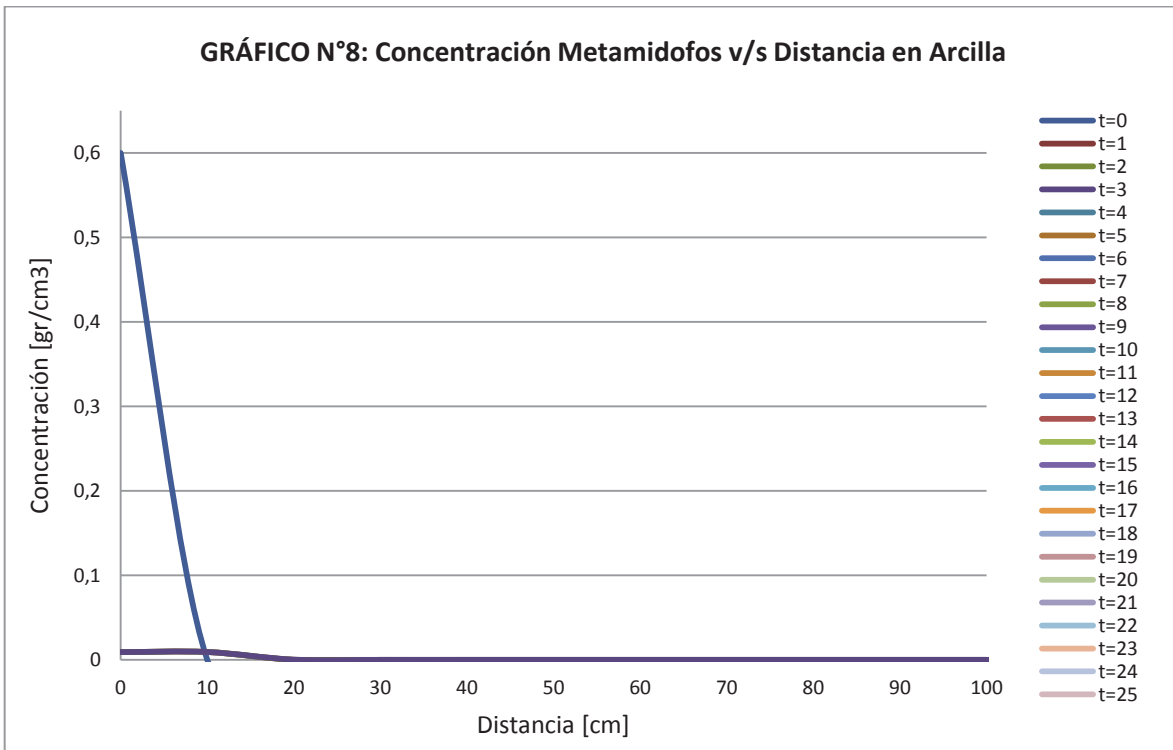
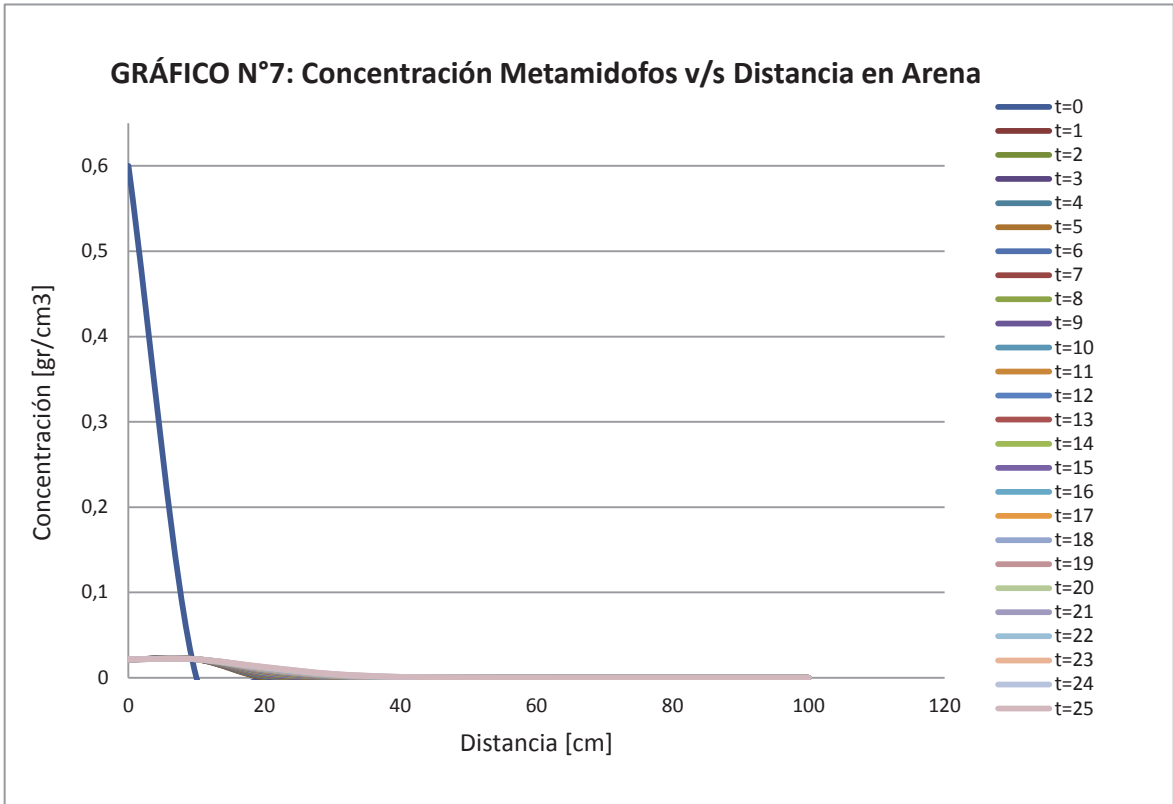
Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Malation en un suelo de tipo arenoso presenta la misma tendencia en cada una de las capas con las que va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo exceptuando en la superficie. Una vez que el compuesto es absorbido, su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°6 se muestra la variación de Malation a una distancia y tiempo determinado, en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso.

Dentro de las variables que influyen de manera directa en las variaciones y comportamiento del compuesto organofosforado en el suelo se encuentra la humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, ambas variables consideradas en el dato de Presión de Vapor del compuesto  $1,78 \times 10^{-4}$  [mm de Hg], dato determinante para conocer la cantidad de compuesto volatizado; la solubilidad en el agua 145 [mg/l] a 20 °C, la densidad del compuesto  $1,23$  [g/cm<sup>3</sup>], la viscosidad 0,0332 [g/cm\*s] y  $k_0$  factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado es 0,002 para suelo arenoso y 0,082 para suelo arcilloso, fueron datos considerados para el cálculo del Coeficiente de permeabilidad, obteniéndose un valor de 0,0530 [cm/min] en arena y 0,0226 [cm/min] en arcilla. Dato utilizado en la ecuación (15) y (17).

El resultado del Coeficiente de Permeabilidad permite conocer que el compuesto desciende con mayor velocidad en suelo arenoso que arcilloso. Pero el estado estacionario se obtiene a distancias profundidades, 1,802 [cm] en suelo arenoso y 0,7006 [cm] en suelo arcilloso.





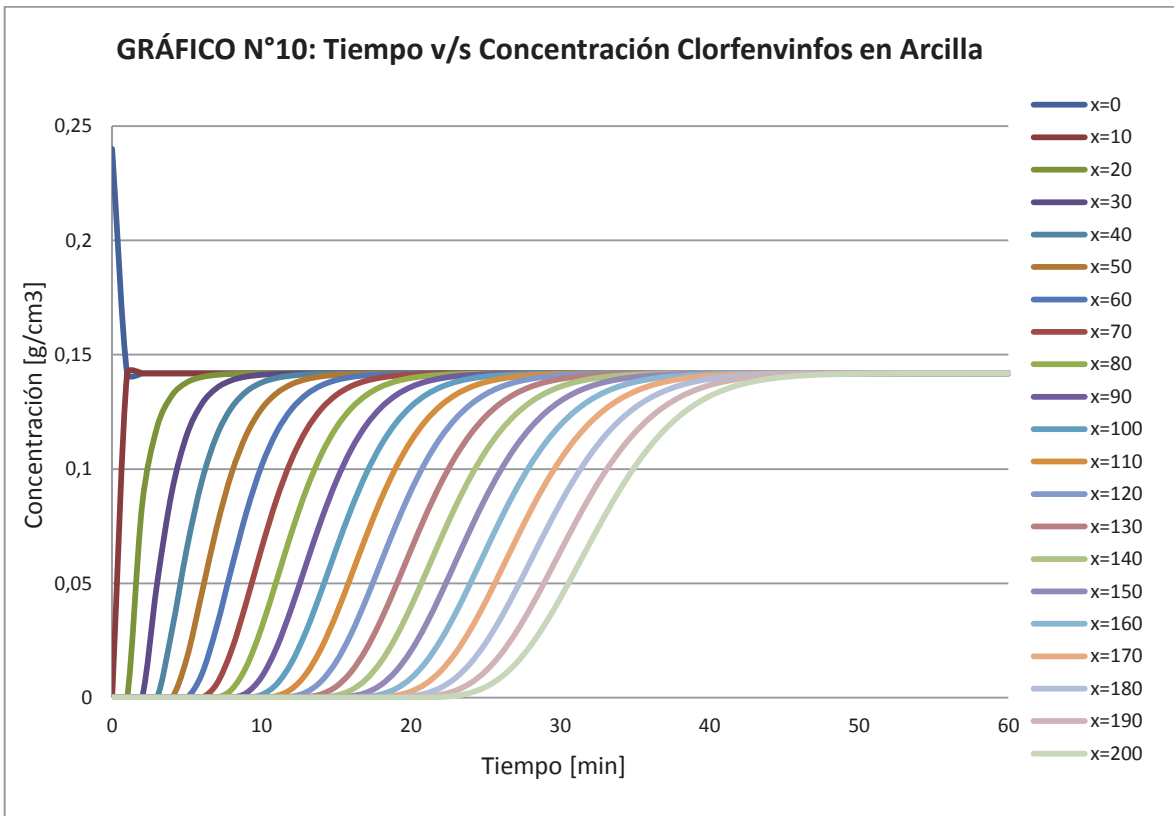
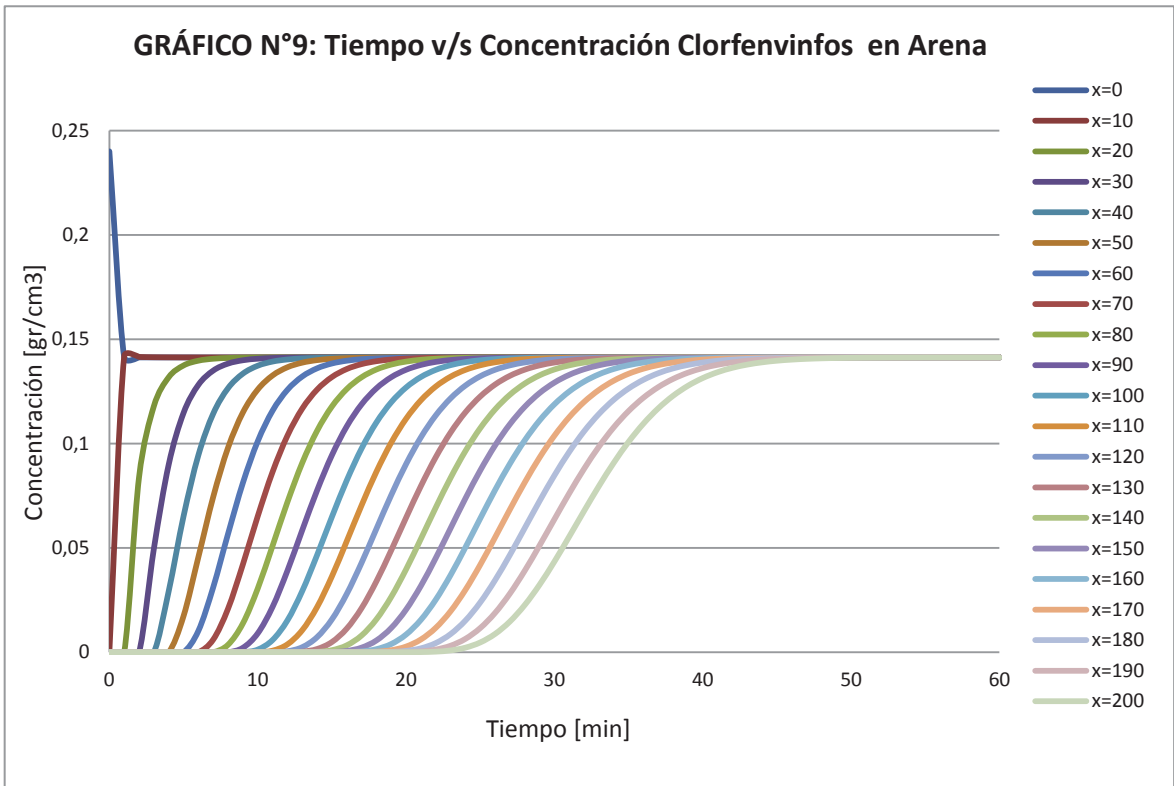
El Gráfico N°7, representa la variación de la concentración de Metamidofos a una distancia y tiempo determinado, en suelo arenoso.

Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Metamidofos en un suelo de tipo arenoso es similar en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto es absorbido, su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°8 se muestra la variación de Metamidofos a una distancia y tiempo determinado, en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso aunque en un tiempo menor y presentando la misma tendencia.

Dentro de las variables que influyen de manera directa en las variaciones y comportamiento del compuesto organofosforado en el suelo se encuentra la humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, ambas variables consideradas en el dato de Presión de Vapor del compuesto  $3,53 \times 10^{-5}$  [mm de Hg], dato determinante para conocer la cantidad de compuesto volatizado; la solubilidad en el agua 200 [mg/l] a 20 °C, la densidad del compuesto  $1,26$  [g/cm<sup>3</sup>], la viscosidad 0,00484 [g/cm\*s] y  $k_0$  factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado es 0,002 para suelo arenoso y 0,082 para suelo arcilloso, fueron datos considerados para el cálculo del Coeficiente de permeabilidad, obteniéndose un valor de 0,3632 [cm/min] en arena y 0,1545 [cm/min] en arcilla. Dato utilizado en la ecuación (15) y (17).

El resultado del Coeficiente de Permeabilidad permite conocer que el compuesto desciende con mayor velocidad en suelo arenoso que arcilloso. Pero el estado estacionario se obtiene a distancias profundidades: 15,6176 [cm] en suelo arenoso y 7,8795 [cm] en suelo arcilloso.



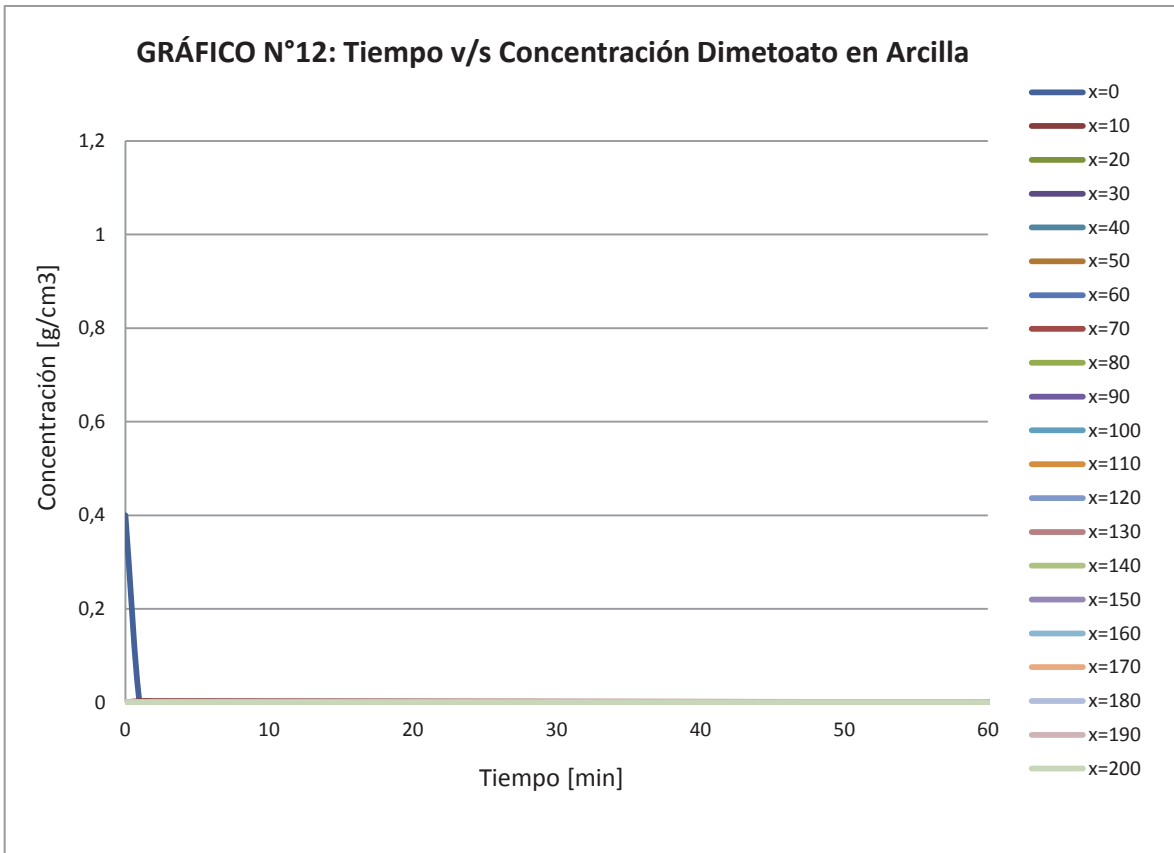
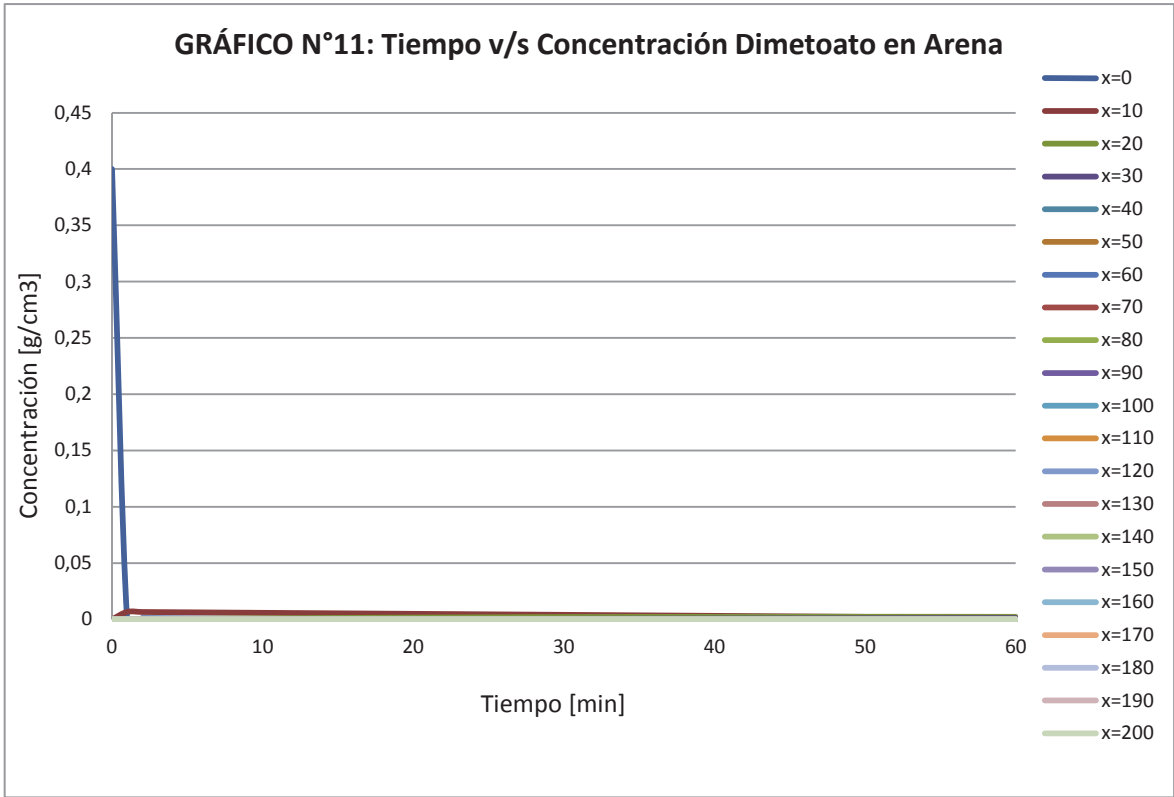
El Gráfico N°9, representa la variación de la concentración de Clorfenvinfos en un rango de tiempo de 60 minutos a diferentes profundidades en suelo arenoso. Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Clorfenvinfos en un suelo de tipo arenoso se comporta de manera similar en cada una de las capas con las que tiene contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto tiene contacto con la superficie del suelo donde presenta su máxima concentración es absorbido y posterior a eso su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°10 se muestra la variación de concentración de Clorfenvinfos a un tiempo y distancia determinado en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso, presentando las curvas la misma tendencia que en el gráfico N°9.

En un tiempo de 47 minutos se logra un estado estacionario de la concentración de Clorfenvinfos en ambos tipos de suelo. En suelo arenoso con una concentración de 0,1406 [gr/cm<sup>3</sup>] y en suelo arcilloso una concentración de 0,1411 [gr/cm<sup>3</sup>]

Las variables que influyen de manera directa son las mencionadas en los análisis de los gráficos anteriores humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, Presión de Vapor del compuesto, solubilidad en el agua, densidad del compuesto, viscosidad y  $k_0$ .

Clorfenvinfos es un compuesto altamente tóxico lo que se considera como factor que califica al compuesto con niveles mayores de persistencia en el suelo.



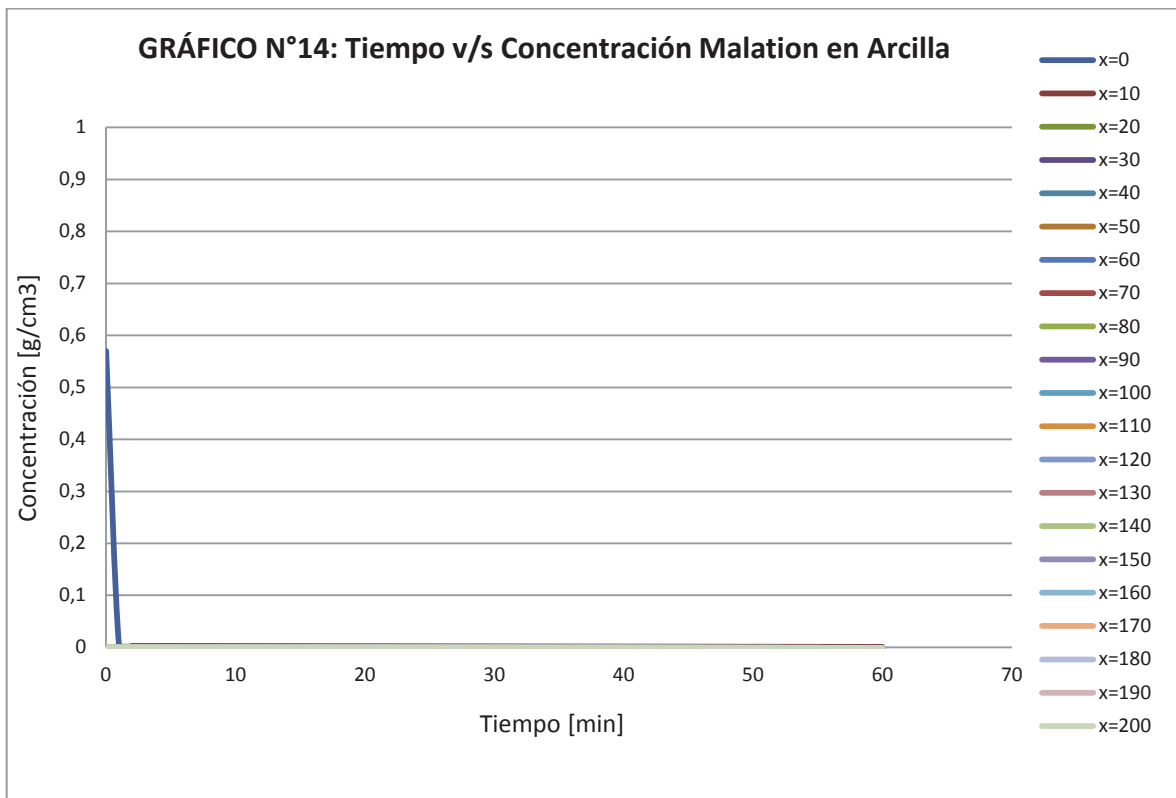
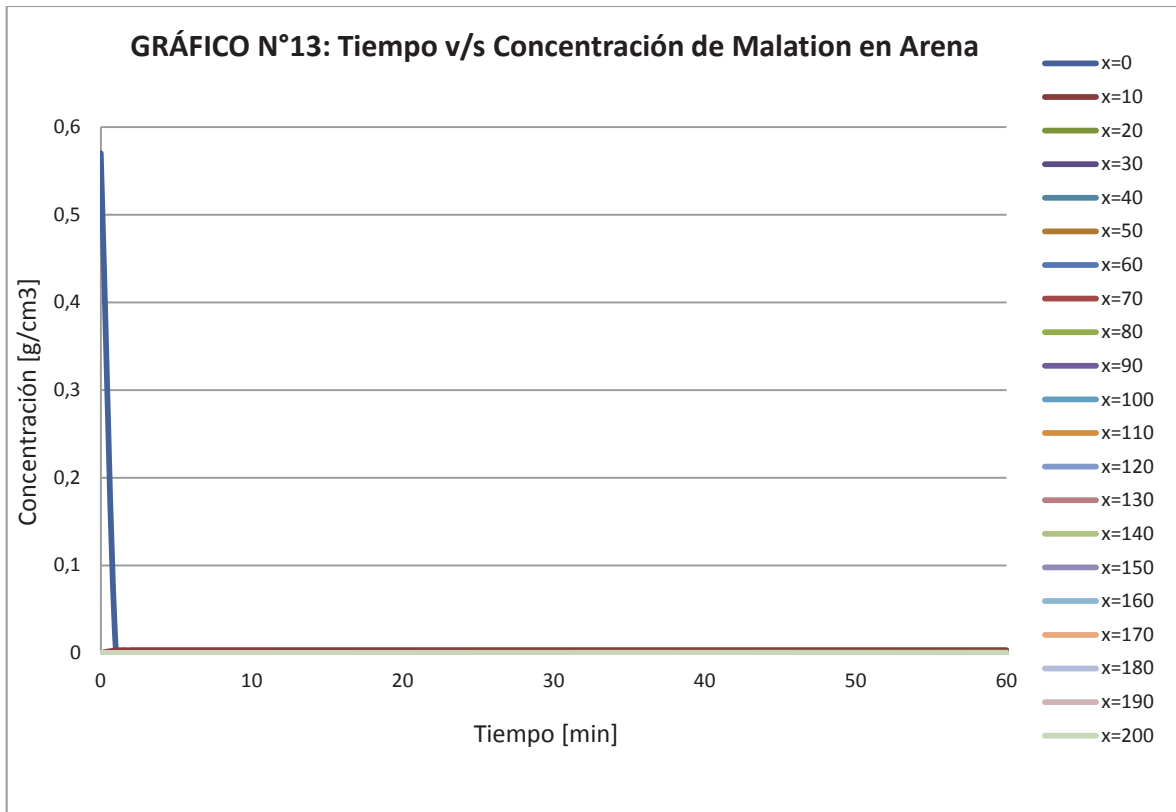
El Gráfico N°11, representa la variación de la concentración de Dimetoato en un rango de tiempo de 60 minutos a diferentes profundidades en suelo arenoso. Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Dimetoato en un suelo de tipo arenoso se comporta de manera similar en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto tiene contacto con la superficie del suelo donde presenta su máxima concentración es absorbido y posterior a eso su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°12 se muestra la variación de concentración de Dimeatoato a un tiempo y distancia determinado en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso, presentando las curvas la misma tendencia que en el gráfico N°10.

En un tiempo de 20 minutos se logra un estado estacionario de la concentración de Dimetoato en suelo arenoso y en un tiempo de 34 minutos en suelo arcilloso. En suelo arenoso con una concentración de  $0,001564 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$  y en suelo arcilloso una concentración de  $0,001553 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$ .

Las variables que influyen de manera directa son las mencionadas en los análisis de los gráficos anteriores humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, Presión de Vapor del compuesto, solubilidad en el agua, densidad del compuesto, viscosidad y  $k_0$ .

Dimetoato es un compuesto que no presenta niveles altos de toxicidad y a su vez no se considera un compuesto persistente en el suelo.



El Gráfico N°13, representa la variación de la concentración de Malation en un rango de tiempo de 60 minutos a diferentes profundidades en suelo arenoso. Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Malation en un suelo de tipo arenoso se comporta de manera similar en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto tiene contacto con la superficie del suelo donde presenta su máxima concentración es absorbido y posterior a eso su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

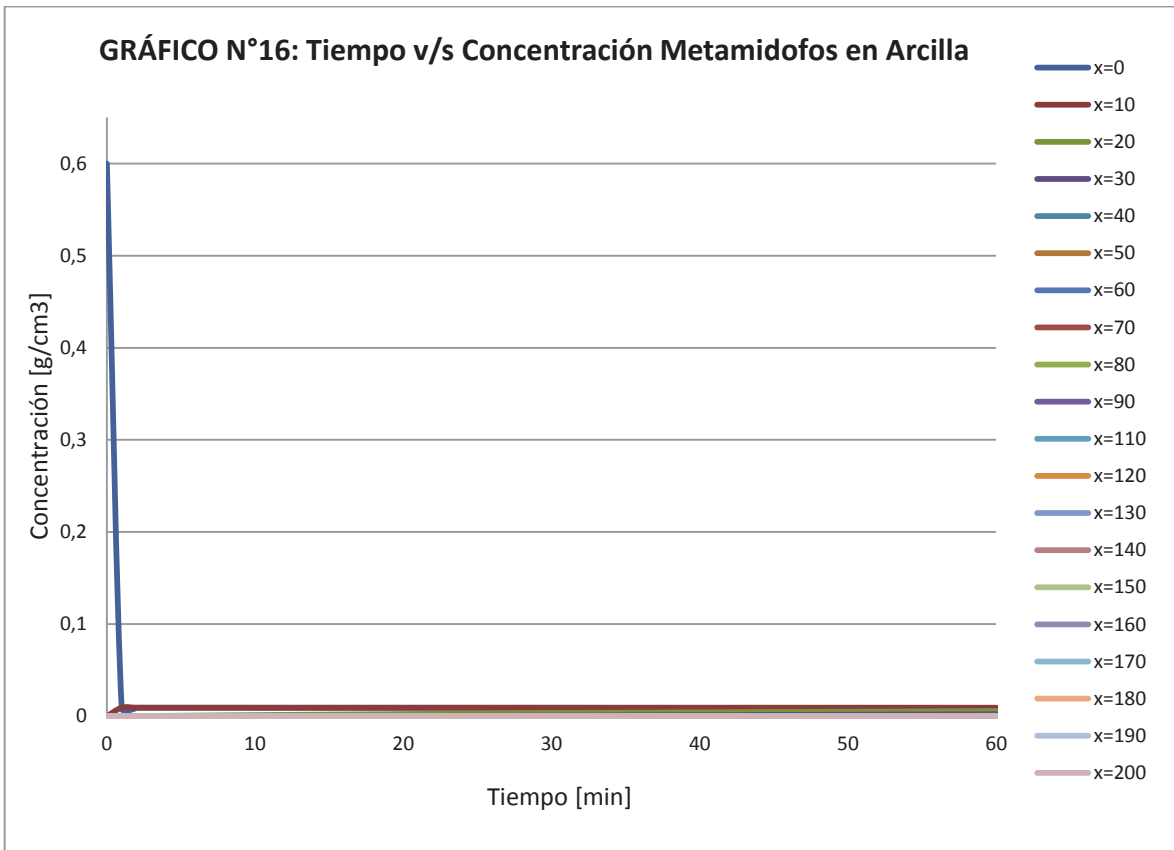
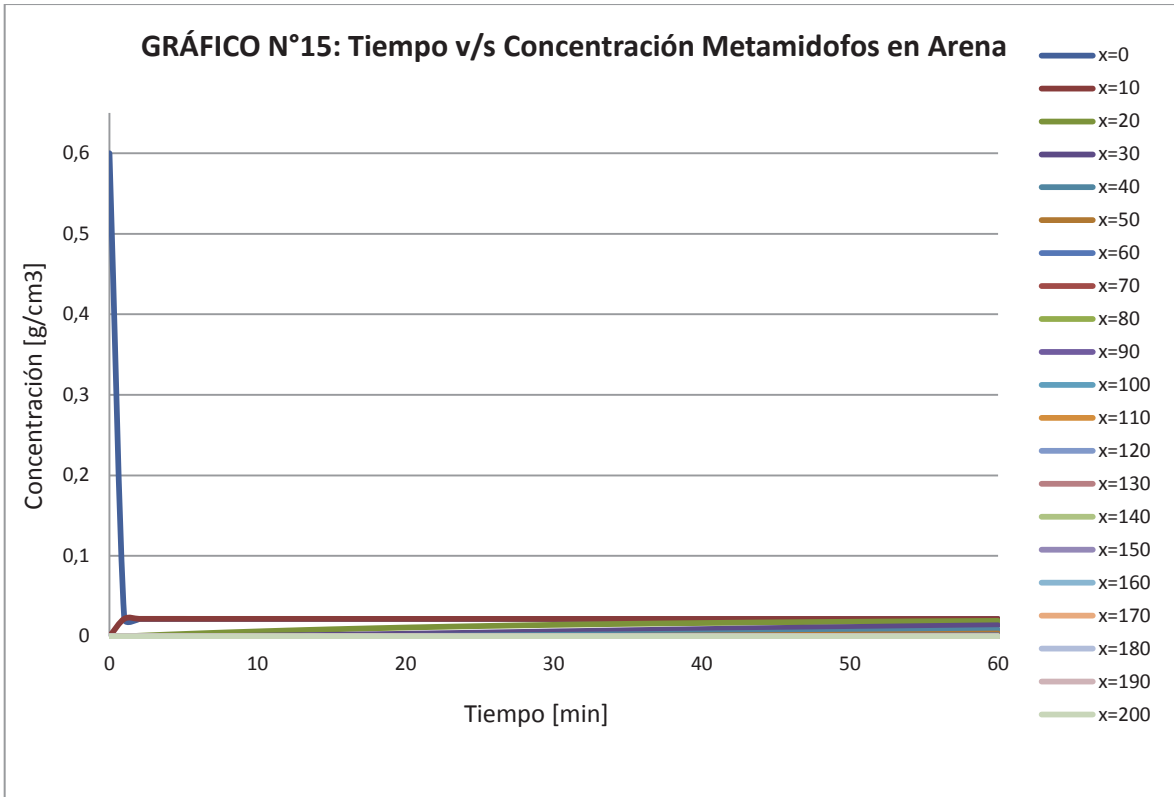
En el Gráfico N°14 se muestra la variación de concentración de Malation a un tiempo y distancia determinado en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso, presentando las curvas la misma tendencia que en el gráfico N°13.

En un tiempo de 34 minutos se logra un estado estacionario de la concentración de Dimetoato en suelo arenoso y en un tiempo de 31 minutos en suelo arcilloso. En suelo arenoso con una concentración de  $0,0030191 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$  y en suelo arcilloso una concentración de  $0,0008357 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$ .

Las variables que influyen de manera directa son las mencionadas en los análisis de los gráficos anteriores humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, Presión de Vapor del compuesto, solubilidad en el agua, densidad del compuesto, viscosidad y  $k_0$ .

Malation es un compuesto con bajo nivel de toxicidad, condición que indica su bajo nivel de persistencia en el suelo.





El Gráfico N°15, representa la variación de la concentración de Metamidofos en un rango de tiempo de 60 minutos a diferentes profundidades en suelo arenoso. Los resultados obtenidos por este gráfico indican que la dinámica de concentración de Metamidofos en un suelo de tipo arenoso se comporta de manera similar en cada una de las capas con las va teniendo contacto el compuesto a medida que avanza de manera vertical hacia abajo. Una vez que el compuesto tiene contacto con la superficie del suelo donde presenta su máxima concentración es absorbido y posterior a eso su concentración en la solución del suelo va disminuyendo, estableciéndose un equilibrio entre las concentraciones de materia activa disuelta y absorbida.

En el Gráfico N°16 se muestra la variación de concentración de Metamidofos a un tiempo y distancia determinado en suelo arcilloso y el comportamiento fue muy similar al obtenido en suelo arenoso, presentando las curvas la misma tendencia que en el gráfico N°15.

En un tiempo de 43 minutos se logra un estado estacionario de la concentración de Metamidofos en suelo arenoso y en un tiempo de 51 minutos en suelo arcilloso. En suelo arenoso con una concentración de  $0,01712 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$  y en suelo arcilloso una concentración de  $0,004996 \text{ [gr/cm}^3\text{]}$ .

Las variables que influyen de manera directa son las mencionadas en los análisis de los gráficos anteriores humedad tanto en el aire como en el suelo, temperatura ambiental, Presión de Vapor del compuesto, solubilidad en el agua, densidad del compuesto, viscosidad y  $k_0$ .

Metamidofos es un compuesto altamente tóxico, condición que permite relacionar con su mayor nivel de persistencia en el suelo.

## **8.5- CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE REMEDIACIÓN**

Ante una emergencia producida por un derrame accidental, es imprescindible un tiempo de respuesta rápido que lleve al control de la situación en el menor tiempo posible. Es esencial encontrar la ubicación precisa de los equipos necesarios para impedir que la contaminación siga su curso y se des controle, como por ejemplo, barreras de contención, absorbentes, etc.

### **EXTRACCIÓN DE CONTAMINANTES:**

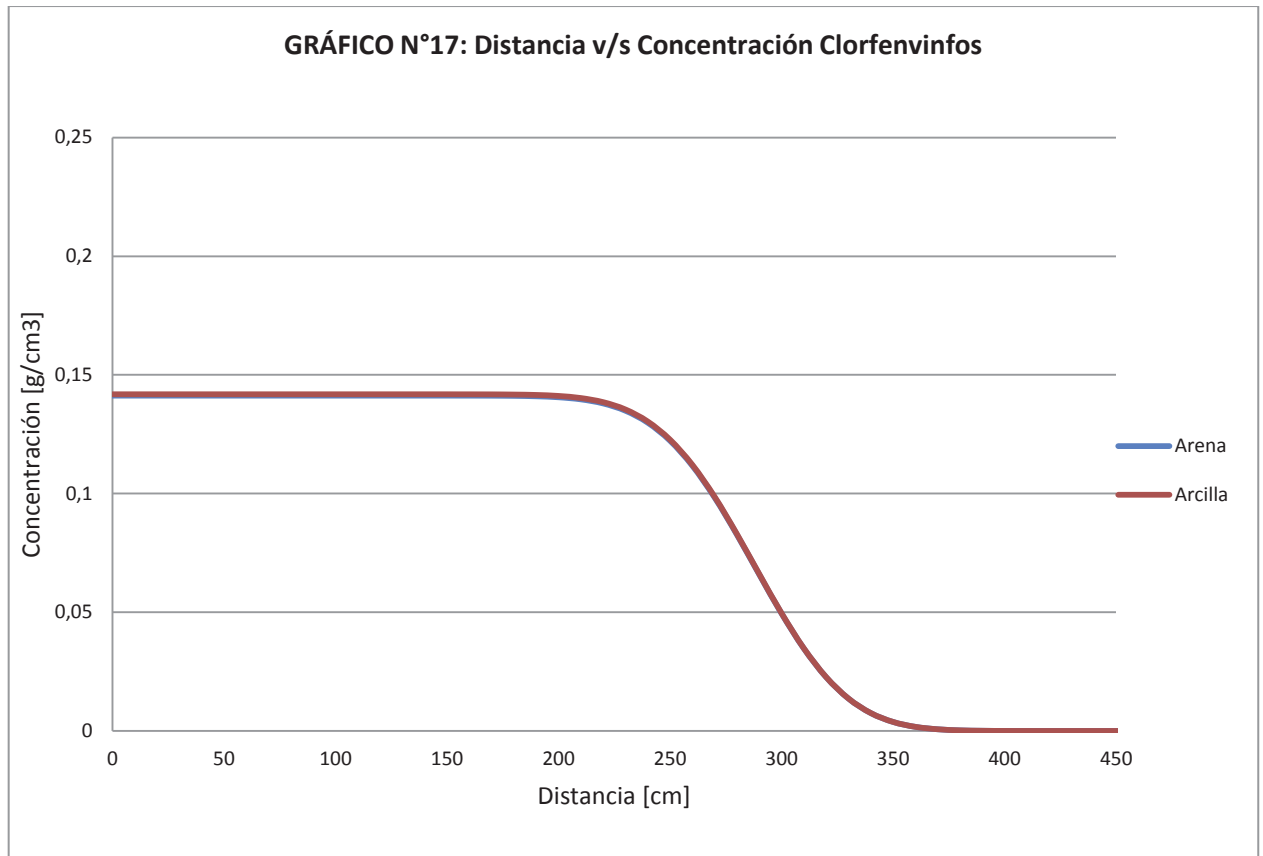
Ubicados los elementos de contención es necesario disponer y optimizar los elementos adecuados para la extracción de contaminantes, como por ejemplo, camiones de bombeo, separadores, reactivos químicos, etc.

### **REMEDIACIÓN:**

Una vez extraídos los contaminantes, se buscan operaciones necesarias para reponer el medio alterado, como por ejemplo, reposición de vegetación, terreno, fauna, etc. Para eso, es muy importante conocer la cantidad de suelo contaminado con el derrame de la sustancia, utilizando los gráficos N°17, N°18, N°19 y N°20, es posible conocer la profundidad del suelo contaminado y la concentración que este posee a ese nivel.

### **PLAN DE VIGILANCIA Y CONTROL:**

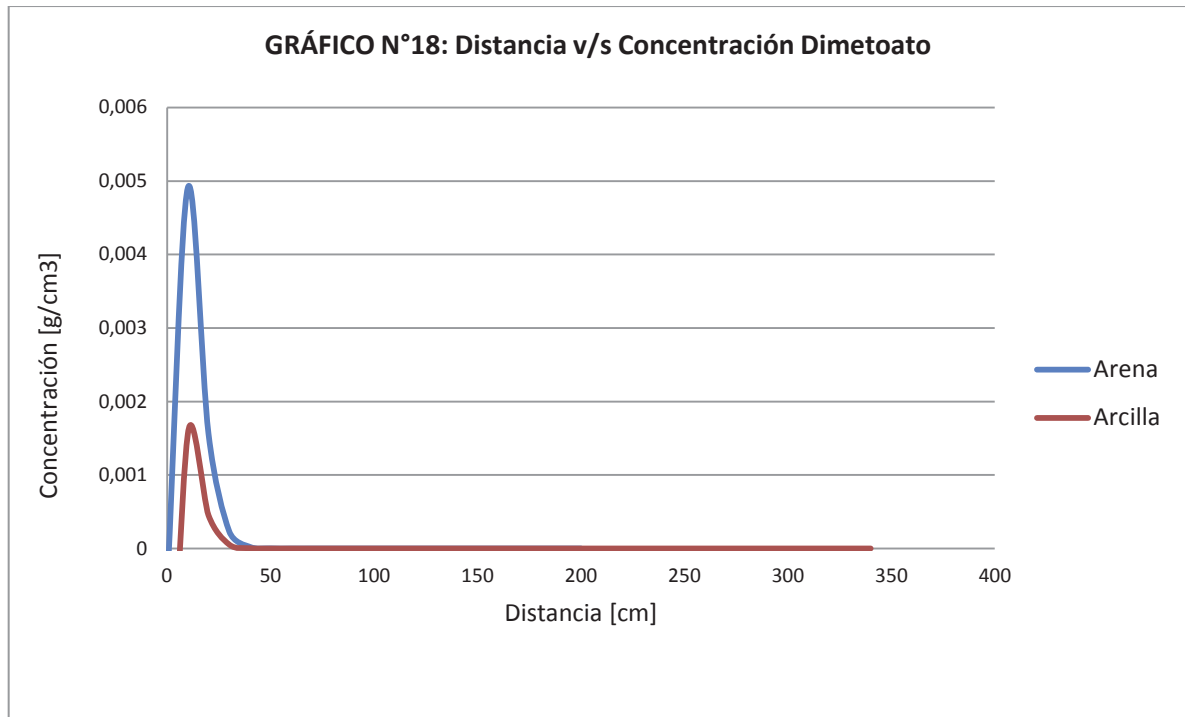
Para garantizar la completa descontaminación hay que mantener un control de la zona afectada, para ello se realizan inspecciones visuales y tomas de muestras que lo verifiquen, posteriores al incidente.



El Gráfico N°17 indica la variación de concentración de Clorfenvinfos en estado estacionario ( $t = 47$  minutos) a distintas distancias en suelo arenoso y arcilloso. En ambos tipos de suelo la curva presenta igual comportamiento.

En los primeros 200 [cm] la curva muestra una estabilidad en la concentración y a profundidades mayores sigue disminuyendo hasta conseguir el consumo total del producto a distancias superiores a los 400 [cm].

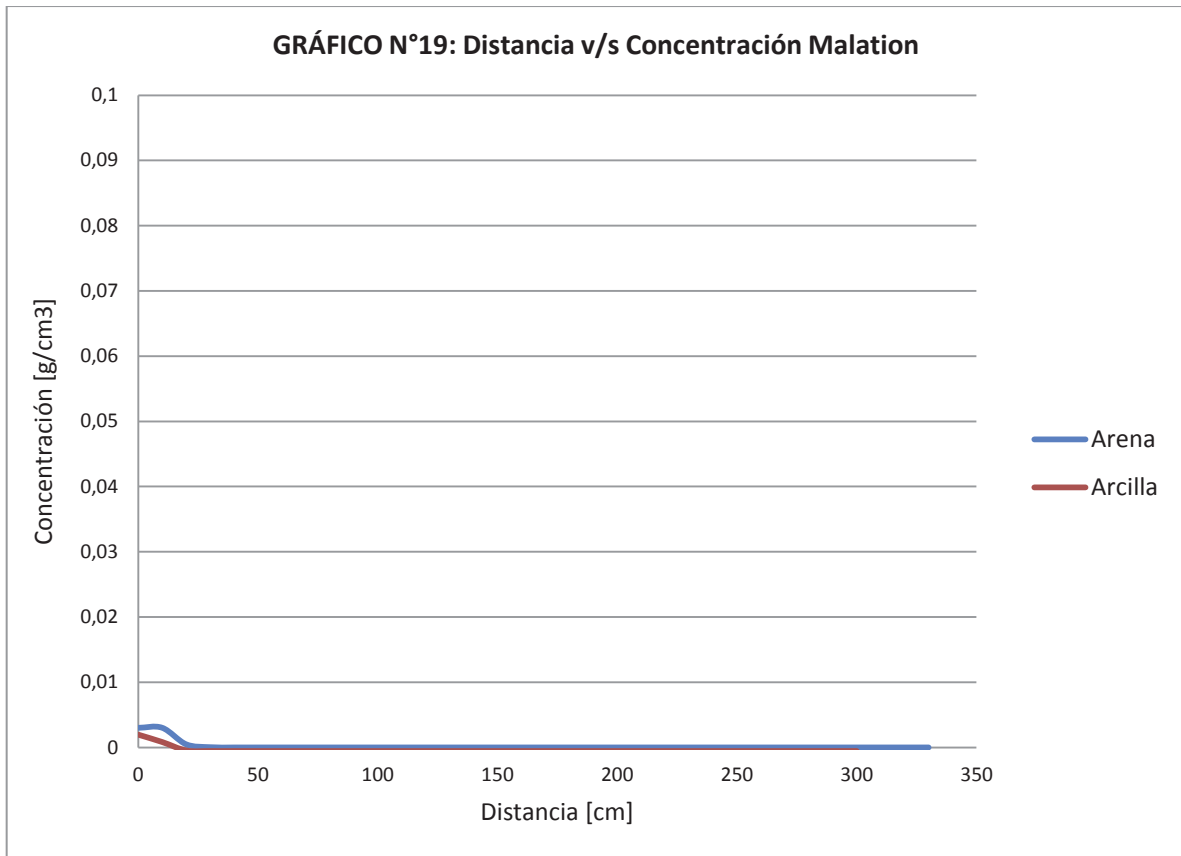
A pesar de tener Coeficientes de Permeabilidad diferentes, donde en suelo arenoso es 0,0591 [cm/min] y en suelo arcilloso 12,5773 [cm/min] el gráfico indica que en estado estacionario el comportamiento en los distintos niveles de profundidad es de igual tendencia en ambos tipos de suelo.



El Gráfico N°18 indica la variación de concentración de Dimetoato en estado estacionario ( $t=20$  minutos en suelo arenoso y  $t=34$  minutos en suelo arcilloso) a distintas distancias en suelo arenoso y arcilloso. En ambos tipos de suelo la curva presenta igual comportamiento después de los 50 [cm] de profundidad. Lo que indica la disminución de la concentración de Dimetoato a medida que va teniendo contacto con las distintas capas del suelo.

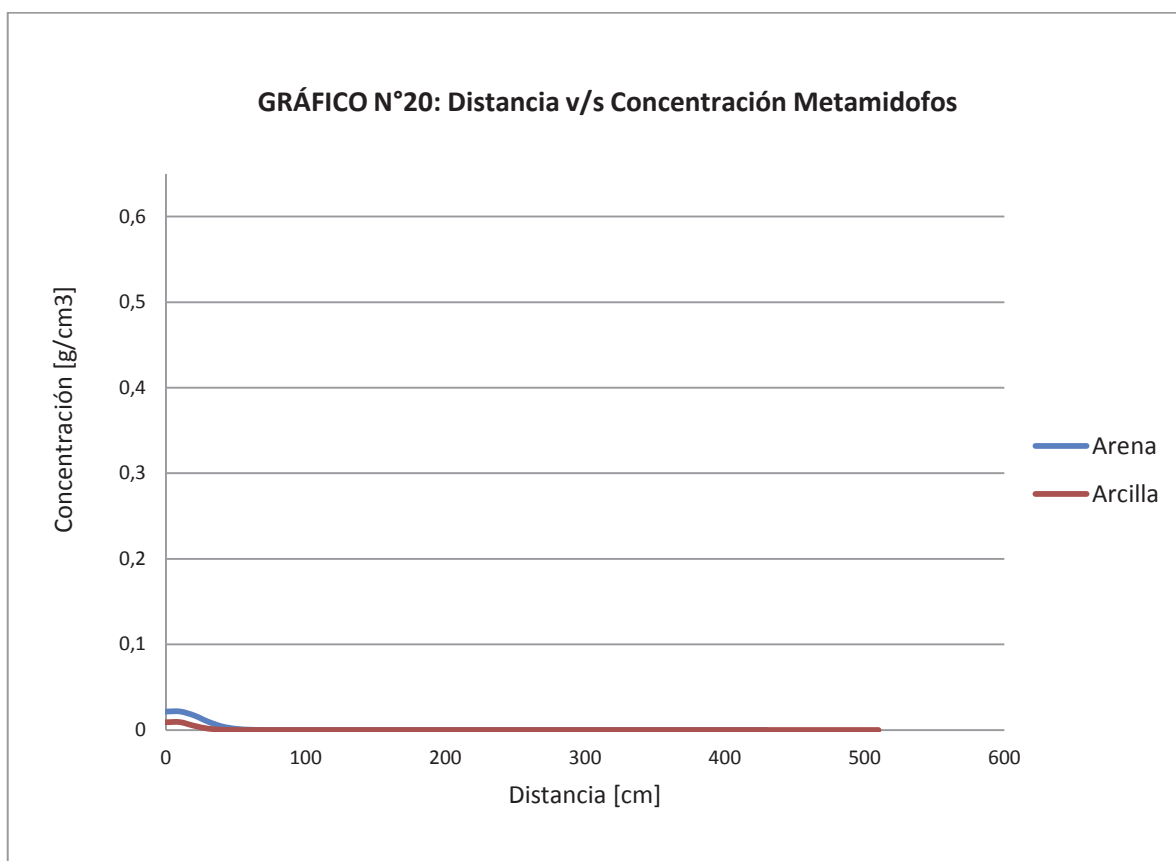
En los primeros 50 [cm] la curva muestra un incremento de la concentración y posterior disminución, condición que varía de acuerdo a las distintas profundidades.

A pesar de tener Coeficientes de Permeabilidad diferentes, donde en suelo arenoso es 0,1654 [cm/min] y en suelo arcilloso 0,07035 [cm/min] el gráfico indica que en estado estacionario el comportamiento en los distintos niveles de profundidad es de igual tendencia en ambos tipos de suelo.



El Gráfico N°19 indica la variación de concentración de Malation en estado estacionario ( $t = 34$  minutos en suelo arenoso y  $t = 31$  minutos en suelo arcilloso) a distintas distancias en suelo arenoso y arcilloso. En ambos tipos de suelo la curva presenta igual comportamiento después de los 10 [cm] de profundidad. Lo que indica la disminución de la concentración de Malation a medida que va teniendo contacto con las distintas capas del suelo y posterior estabilización de la concentración a una profundidad superior a los 10 [cm].

A pesar de tener Coeficientes de Permeabilidad diferentes, donde en suelo arenoso es 0,0530 [cm/min] y en suelo arcilloso 0,02256 [cm/min] el gráfico indica que en estado estacionario el comportamiento en los distintos niveles de profundidad es de igual tendencia en ambos tipos de suelo.



El Gráfico N°20 indica la variación de concentración de Metamidofos en estado estacionario ( $t = 43$  minutos en suelo arenoso y  $t = 51$  minutos en suelo arcilloso) a distintas distancias en suelo arenoso y arcilloso. En ambos tipos de suelo la curva presenta igual comportamiento después de los 40 [cm] de profundidad. Lo que indica la disminución de la concentración de Metamidofos a medida que va teniendo contacto con las distintas capas del suelo y una posterior estabilización de la concentración a profundidades superiores a la 40 [cm].

A pesar de tener Coeficientes de Permeabilidad diferentes, donde en suelo arenoso es 0,3632 [cm/min] y en suelo arcilloso 0,1545 [cm/min] el gráfico indica que en estado estacionario el comportamiento en los distintos niveles de profundidad es de igual tendencia en ambos tipos de suelo.

## 9- CONCLUSIONES

---

A medida que crece la población aumenta también la necesidad de mantener la capacidad de producción del suelo. La obtención de la cantidad adecuada de alimentos requiere el uso de plaguicidas para alcanzar y mantener un equilibrio entre las especies vegetales deseadas y sus competidores. Sin embargo, estos compuestos químicos utilizados en agricultura llegan en general al suelo, ya sea directa o indirectamente, y originan problemas de polución y contaminación.

Los plaguicidas son compuestos químicos que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos y del hombre y su ambiente. De acuerdo con su actividad biológica pueden clasificarse en insecticidas, fungicidas y herbicidas según su toxicidad sea para insectos, hongos, malas hierbas o roedores.

Los compuestos organofosforados son ésteres o amidas derivadas del ácido fosfórico, tiofosfórico, ditiofosfórico, fosfónico y fosfinico. La toxicidad y la acción insecticida de estos compuestos son atribuidas a la inhibición de la actividad acetilcolinesterasa, enzima que se encuentra en las células nerviosas de los insectos y cuya desactivación paraliza el sistema nervioso.

El uso de plaguicidas pertenecientes a la familia de compuestos organofosforados en la Provincia de Melipilla presenta uno de los índices más alto de intoxicaciones en los últimos años. Motivo por el cual es de suma importancia que los riesgos por el mal uso de plaguicidas sea de conocimiento público, ya sea por parte de los usuarios del producto como también de personal de respuesta en caso de incidentes que correspondería a personal de Bomberos.

La principal herramienta bibliográfica con la que cuenta personal del Cuerpo de Bomberos de Melipilla en caso de Incidentes con Materiales Peligrosos es la Guía de Respuesta a Emergencias con Materiales Peligrosos (GRE), este elemento por años ha sido de



gran utilidad en el trabajo que realiza Bomberos, pero se comprobó la deficiencia que existe en el material en cuanto a la precisión de la información y la clasificación de las distintas sustancias químicas. Considerando lo anterior, es por lo que se generó la idea de plantear una solución para colaborar con el trabajo realizado por personal de Bomberos de esta Provincia.

Un Plan de respuesta ante incidentes con materiales peligrosos que impliquen derrames masivos de pesticidas específicos pertenecientes a la familia de los compuestos Organofosforados (Clorfenvinfos, Dimetoato, Malation y Metamidofos), estos últimos seleccionados debido a que presentan una mayor demanda en el rubro agrícola en la Provincia de Melipilla y tienen niveles de toxicidad diferentes. Se planteó un procedimiento adaptable a cada tipo de escenario y capaz de mejorar y contribuir en el desarrollo de un trabajo eficaz y seguro durante la mitigación de peligros en un incidente con materiales peligrosos.

Dentro de los puntos importantes en un plan de emergencias se encuentra el ítem de Equipos de Protección Personal, donde este debe proteger al usuario de cualquier residuo contaminante que se encuentre en el lugar de la emergencia. Cada insumo que compone el Equipo de protección personal debe ser usado por los primeros respondedores considerando que es un equipo de primera intervención, por lo que los tiempos de trabajo son reducidos. Todo lo anterior sujeto a la intensidad del derrame y compuesto a tratar.

Para realizar un trabajo óptimo, es necesario conocer el comportamiento de la sustancia a través del tiempo, por lo que fue necesario plantear un modelo matemático para el cálculo de la concentración del compuesto organofosforado a diferentes profundidades del suelo, con el fin de que el personal de respuesta conozca las concentraciones de estos compuestos en tiempos con la idea que esto permita organizar las tareas de mitigación en un rango de tiempo seguro para el personal de Bomberos.

Cada compuesto estudiado presenta distintas tendencias ya sea en suelo arenoso como arcilloso. El compuesto que logra en un menor tiempo llegar a estado estacionario es el Dimetoato en suelo arenoso tarda 20 minutos en llegar a una concentración de 0,001567 [g/cm<sup>3</sup>] con un coeficiente de permeabilidad de 0,1654 [cm/min]. El compuesto que se

contrarresta con lo anterior y es el que más tarda en llegar a su estado estacionario es el Metamidofos en suelo arcilloso, demora 51 minutos en llegar a una concentración de 0,00499 [g/cm<sup>3</sup>] con un coeficiente de permeabilidad de 0,1545 [cm/min].

Dentro de las variables que influyen de manera directa en las variaciones y comportamiento de los compuesto organofosforado en el suelo se encuentra la humedad tanto en el aire como en el suelo, la temperatura ambiental, la solubilidad en el agua, la densidad del compuesto, la viscosidad y  $k_0$  factor que depende de la forma de los poros y de la relación entre la longitud de la trayectoria real del fluido y espesor del estrato atravesado. Cualquier alteración en las variables antes mencionadas, influirá en el comportamiento del compuesto.

El Coeficiente de permeabilidad y la viscosidad del compuesto son importantes a considerar en una emergencia que involucren compuestos organofosforados, puesto que el aumento del Coeficiente de permeabilidad se traduce en variación de velocidad con que desciende el compuesto en suelo arenoso o arcilloso. Y la viscosidad influye directamente en esto, puesto que fluidos más viscosos tienen una velocidad menor en el suelo.

Con la información entregada, será posible establecer datos para conocer la cantidad de suelo contaminado a diferentes tiempos tras ocurrido un derrame masivo de compuestos organofosforados en las distintas localidades de la Provincias de Melipilla y que pertenecen a la jurisdicción del Cuerpo de Bomberos de Melipilla.

Todo lo anterior con el objetivo de otorgar una herramienta que contribuya al buen trabajo y desempeño del equipo de primera respuesta de Bomberos de la Provincia de Melipilla.

## 10- BIBLIOGRAFÍA

---

- {1} Informe Vigilancia Epidemiológica de Intoxicaciones agudas por plaguicidas, REVEP Region Metropolitana 2013, Seremi de Salud Región Metropolitana, Febrero 2014.
- {2} T. William Lambe, V. Whitman, “*Mecánica de Suelos*”, Limusa Noriega Editores, Instituto Tecnológico Massachusetts.
- {3} Reid, Praushitz, Poling, “*The Properties of gases and liquids*”, 4ª Edición, Editorial McGraw Hill.
- {4} Fundación para el desarrollo frutícola (FDF), “*Manual Fitosanitario*”, Edición 2002-2003.
- {5} Resolución N°2197 SAG: Establece clasificación toxicológica de los plaguicidas de uso agrícola.
- {6} Muni Budhu, “*Soil Mechanics and Foundation*”, 3rd Edition, John Wiley and Sons.
- {7} E. Juárez B., A. Rico R., “*Mecánica de Suelos*”, Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos, Limusa Noriega Editores.
- {8} R. Whitlow, “*Fundamentos de Mecánica de Suelos*”, Compañía editorial continental, S.A. de C.V., México.
- {9} J. Manring, “*Evaluación del riesgo por exposición a Plaguicidas*”, Centro Panamericano de ecología humana y salud, Editorial Metepec, México 1997.
- {10} Instituto de Salud Pública de Chile, “*Guía para la selección y control de protección respiratoria*”, Departamento de salud ocupacional.
- {11} International Fire Service Training Association, “*Hazardous Materials for first Responders*”, Third Edition, IFSTA, Oklahoma 1995.
- {12} National Fire Protection Association, “*NFPA 472, Standard of Professional Competence of Responders to Hazardous Materials Incidents*”, 1997
- {13} <http://www.ecologistasenaccion.org/article5352.html>, visitado el 03/04/2014
- {14} <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/034059/034059-03.pdf>, visitado el 07/09/2014
- {15} <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/emergencias-quimicas/gre2012.pdf>, visitado 16/01/2015

## ANEXO A

| Número de Identificación | Número de Guía | Nombre del Material                                      | Número de Identificación | Número de Guía | Nombre del Material   |
|--------------------------|----------------|--|--------------------------|----------------|---|
| 3275                     | 131            | Nitrilos, venenosos, inflamables, n.e.p.                 | 3279                     | 131            | Organofosforado, compuesto de, venenoso, inflamable, n.e.p. |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, líquidos, tóxicos, n.e.p.                      | 3279                     | 131            | Organofosforoso, compuesto de, tóxico, inflamable, n.e.p.   |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, líquidos, venenosos, n.e.p.                    | 3279                     | 131            | Organofosforoso, compuesto de, venenoso, inflamable, n.e.p. |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, tóxicos, líquidos, n.e.p.                      | 3280                     | 151            | Compuesto organoarsénico, tóxico, líquido, n.e.p.           |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, tóxicos, n.e.p.                                | 3280                     | 151            | Compuesto organoarsénico, tóxico, n.e.p.                    |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, venenosos, líquidos, n.e.p.                    | 3280                     | 151            | Organoarsénico, compuesto de, líquido, n.e.p.               |
| 3276                     | 151            | Nitrilos, venenosos, n.e.p.                              | 3280                     | 151            | Organoarsénico, compuesto de, n.e.p.                        |
| 3277                     | 154            | Cloroformatos, tóxicos, corrosivos, n.e.p.               | 3281                     | 151            | Carbonilos metálicos, líquidos, n.e.p.                      |
| 3277                     | 154            | Cloroformatos, venenosos, corrosivos, n.e.p.             | 3281                     | 151            | Carbonilos metálicos, n.e.p.                                |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, líquido, tóxico, n.e.p.   | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, líquido, tóxico, n.e.p.           |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, líquido, venenoso, n.e.p. | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, líquido, venenoso, n.e.p.         |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, tóxico, líquido, n.e.p.   | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, tóxico, líquido, n.e.p.           |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, tóxico, n.e.p.            | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, tóxico, n.e.p.                    |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, venenoso, líquido, n.e.p. | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, venenoso, líquido, n.e.p.         |
| 3278                     | 151            | Organofosforado, compuesto de, venenoso, n.e.p.          | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, venenoso, líquido, n.e.p.         |
| 3278                     | 151            | Organofosforoso, compuesto de, tóxico, líquido, n.e.p.   | 3282                     | 151            | Compuesto organometálico, venenoso, n.e.p.                  |
| 3278                     | 151            | Organofosforoso, compuesto de, tóxico, n.e.p.            | 3283                     | 151            | Compuesto de selenio, n.e.p.                                |
| 3278                     | 151            | Organofosforoso, compuesto de, venenoso, líquido, n.e.p. | 3283                     | 151            | Compuesto de selenio, sólido, n.e.p.                        |
| 3278                     | 151            | Organofosforoso, compuesto de, venenoso, n.e.p.          | 3284                     | 151            | Telurio, compuesto de, n.e.p.                               |

Figura N°7: “Guía de Respuesta en caso de emergencia”, Página 90

n.e.p. : Estas letras refieren a “No especificado en otra parte” . Estas siglas se utilizan en nombre genéricos, tales como, “Líquidos Corrosivos, n.e.p.”. Esto significa que el nombre químico de ese producto corrosivo no se encuentra listado en las regulaciones, por lo tanto se debe utilizar un nombre genérico para identificarlo en los documentos de transporte.

## ANEXO A.1

|   |   |                |
|---|---|----------------|
| <b>GUÍA</b>   | <b>SUSTANCIAS - TÓXICAS (NO COMBUSTIBLES)</b> | <b>GRE2012</b> |
| <b>151</b>  |   |                |
| <b>PELIGROS POTENCIALES</b>   |   |                |
| <b>A LA SALUD</b>   |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Altamente tóxico</b>, puede ser fatal si se inhala, se ingiere o por absorción cutánea.</li><li>• Evitar cualquier contacto con la piel.</li><li>• Los efectos de contacto o inhalación se pueden presentar en forma retardada.</li><li>• El fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos.</li><li>• Las fugas resultantes del control del incendio o la dilución con agua, pueden ser corrosivas y/o tóxicas y causar contaminación.</li></ul>   |   |                |
| <b>INCENDIO O EXPLOSION</b>   |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Las sustancias no-combustibles no encienden por sí mismas, pero se pueden descomponer al calentarse y producir vapores corrosivos y/o tóxicos.</li><li>• Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.</li><li>• La fuga resultante puede contaminar las vías navegables.</li></ul>   |   |                |
| <b>SEGURIDAD PUBLICA</b>  |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>LLAMAR primero al número de teléfono de respuesta en caso de emergencia en el documento de embarque. Si el documento de embarque no está disponible o no hay respuesta, dirijase a los números telefónicos enlistados en el forro de la contraportada.</b></li><li>• <b>Cómo acción inmediata de precaución, aisle en todas direcciones, el área del derrame o escape como mínimo 50 metros (150 pies) para líquidos, y 25 metros (75 pies) para sólidos.</b></li><li>• Mantener alejado al personal no autorizado.</li><li>• Permanezca en dirección del viento.</li><li>• Manténgase alejado de las áreas bajas.</li></ul> |   |                |
| <b>ROPA PROTECTORA</b>  |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Use el equipo de aire autónomo de presión positiva (SCBA).</li><li>• Use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.</li><li>• El traje de protección estructural de los bomberos provee protección limitada <b>UNICAMENTE</b> en situaciones de incendio; no es efectivo en derrames con posible contacto directo con la sustancia.</li></ul>  |   |                |
| <b>EVACUACION</b>   |   |                |
| <b>Derrame</b>  |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Vea la Tabla 1 - Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora para los materiales resaltados. Para los otros materiales, aumente como sea necesario en la dirección del viento, la distancia de aislamiento mostrada en "SEGURIDAD PUBLICA".</li></ul>   |   |                |
| <b>Incendio</b>   |   |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Si un tanque, carro de ferrocarril o autotanque está involucrado en un incendio, <b>AISLE</b> a la redonda a 800 metros (1/2 milla) a la redonda; también, considere la evacuación inicial a la redonda a 800 metros (1/2 milla).</li></ul>   |   |                |

Figura N°8: "Guía de Respuesta en caso de emergencia", Página 276



|  |  |             |
|--|--|-------------|
| GRE2012  | SUSTANCIAS - TÓXICAS (NO COMBUSTIBLES) | GUÍA<br>151 |
| <b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>   |  |             |
| <b>FUEGO</b>   |  |             |
| <b>Incendio Pequeño</b>  |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Polvos químicos secos, CO<sub>2</sub> o rocío de agua.</li> </ul>   |  |             |
| <b>Incendio Grande</b>   |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use rocío de agua, niebla o espuma regular.</li> <li>• Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.</li> <li>• Hacer un dique de contención para el agua que controla el fuego para su desecho posterior; no desparrame el material.</li> <li>• Utilice rocío de agua. No usar chorros directos.</li> </ul>  |  |             |
| <b>Incendio que involucra Tanques o Vagones o Remolques y sus Cargas</b>   |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.</li> <li>• No introducir agua en los contenedores.</li> <li>• Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.</li> <li>• Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventillas, o si el tanque se empieza a decolorar.</li> <li>• SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.</li> <li>• Para incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.</li> </ul>  |  |             |
| <b>DERRAME O FUGA</b>  |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tocar los contenedores dañados o el material derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada.</li> <li>• Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.</li> <li>• Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.</li> <li>• Cubra con una hoja de plástico para prevenir su propagación.</li> <li>• Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores.</li> <li>• NO INTRODUCIR AGUA EN LOS CONTENEDORES.</li> </ul>   |  |             |
| <b>PRIMEROS AUXILIOS</b>   |  |             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco.</li> <li>• Llamar a los servicios médicos de emergencia.</li> <li>• Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.</li> <li>• <b>No usar el método de respiración de boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia: proporcione la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración.</b></li> <li>• Suministrar oxígeno si respira con dificultad.</li> <li>• Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.</li> <li>• En caso de contacto con la sustancia, enjuagar inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos.</li> <li>• Para contacto menor con la piel, evite esparcir el material sobre la piel que no esté afectada.</li> <li>• Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal.</li> <li>• Los efectos de exposición a la substancia por (inhalación, ingestión o contacto con la piel) se pueden presentar en forma retardada.</li> <li>• Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tomar las precauciones para protegerse a sí mismos.</li> </ul> |  |             |

Figura N°9: “Guía de Respuesta en caso de emergencia”, Página 277

|  |  |                |
|--|--|----------------|
| <b>GUÍA<br/>152</b>  | <b>SUSTANCIAS - TÓXICAS (COMBUSTIBLES)</b> | <b>GRE2012</b> |
| <b>PELIGROS POTENCIALES</b>  |  |                |
| <b>A LA SALUD</b>  |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Altamente tóxico</b>, puede ser fatal si se inhala, se ingiere o por absorción cutánea.</li> <li>• El contacto con sustancia fundida puede causar severas quemaduras en la piel y los ojos.</li> <li>• Evitar cualquier contacto con la piel.</li> <li>• Los efectos de contacto o inhalación se pueden presentar en forma retardada.</li> <li>• El fuego puede producir gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos.</li> <li>• Las fugas resultantes del control del incendio o la dilución con agua, pueden ser corrosivas y/o tóxicas y causar contaminación.</li> </ul>  |  |                |
| <b>INCENDIO O EXPLOSION</b>  |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• El material combustible: puede arder, pero no se enciende fácilmente.</li> <li>• Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.</li> <li>• La fuga resultante puede contaminar las vías navegables.</li> <li>• La sustancia puede ser transportada en forma fundida.</li> </ul>  |  |                |
| <b>SEGURIDAD PUBLICA</b>   |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>LLAMAR primero al número de teléfono de respuesta en caso de emergencia en el documento de embarque. Si el documento de embarque no está disponible o no hay respuesta, dirijase a los números telefónicos enlistados en el forro de la contraportada.</b></li> <li>• Como acción inmediata de precaución, aisle en todas direcciones, el área del derrame o escape como mínimo 50 metros (150 pies) para líquidos, y 25 metros (75 pies) para sólidos.</li> <li>• Mantener alejado al personal no autorizado.</li> <li>• Permanezca en dirección del viento.</li> <li>• Manténgase alejado de las áreas bajas.</li> </ul> |  |                |
| <b>ROPA PROTECTORA</b>   |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use el equipo de aire autónomo de presión positiva (SCBA).</li> <li>• Use ropa protectora contra los productos químicos, la cual esté específicamente recomendada por el fabricante. Esta puede proporcionar poca o ninguna protección térmica.</li> <li>• El traje de protección estructural de los bomberos provee protección limitada UNICAMENTE en situaciones de incendio; no es efectivo en derrames con posible contacto directo con la sustancia.</li> </ul>  |  |                |
| <b>EVACUACION</b>  |  |                |
| <b>Derrame</b>   |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vea la Tabla 1 - Distancias de Aislamiento Inicial y Acción Protectora para los materiales resaltados. Para los otros materiales, aumente como sea necesario en la dirección del viento, la distancia de aislamiento mostrada en "SEGURIDAD PUBLICA".</li> </ul>  |  |                |
| <b>Incendio</b>  |  |                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si un tanque, carro de ferrocarril o autotanque está involucrado en un incendio, AISLE a la redonda a 800 metros (1/2 milla) a la redonda; también, considere la evacuación inicial a la redonda a 800 metros (1/2 milla).</li> </ul>   |  |                |

Figura N°10: “Guía de Respuesta en caso de emergencia”, Página 278

| GRE2012  | SUSTANCIAS - TÓXICAS (COMBUSTIBLES) | GUÍA<br>152 |
|--|-------------------------------------|-------------|
| <b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>   |                                     |             |
| <b>FUEGO</b>   |                                     |             |
| <b>Incendio Pequeño</b>  |                                     |             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Polvos químicos secos, CO<sub>2</sub> o rocío de agua.</li></ul>   |                                     |             |
| <b>Incendio Grande</b>   |                                     |             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Use rocío de agua, niebla o espuma regular.</li><li>• Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.</li><li>• Hacer un dique de contención para el agua que controla el fuego para su desecho posterior; no desparrame el material.</li><li>• Utilice rocío de agua. No usar chorros directos.</li></ul>   |                                     |             |
| <b>Incendio que involucra Tanques o Vagones o Remolques y sus Cargas</b>   |                                     |             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.</li><li>• No introducir agua en los contenedores.</li><li>• Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.</li><li>• Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.</li><li>• SIEMPRE manténgase alejado de tanques envueltos en fuego.</li><li>• Para incendio masivo, utilizar los soportes fijos para mangueras o los chiflones reguladores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.</li></ul>  |                                     |             |
| <b>DERRAME O FUGA</b>  |                                     |             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• ELIMINAR todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro).</li><li>• No tocar los contenedores dañados o el material derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada.</li><li>• Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.</li><li>• Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.</li><li>• Cubra con una hoja de plástico para prevenir su propagación.</li><li>• Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores.</li><li>• NO INTRODUCIR AGUA EN LOS CONTENEDORES.</li></ul>   |                                     |             |
| <b>PRIMEROS AUXILIOS</b>   |                                     |             |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco.</li><li>• Llamar a los servicios médicos de emergencia.</li><li>• Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.</li><li>• <b>No usar el método de respiración de boca a boca si la víctima ingirió o inhaló la sustancia: proporcione la respiración artificial con la ayuda de una máscara de bolsillo con una válvula de una sola vía u otro dispositivo médico de respiración.</b></li><li>• Suministrar oxígeno si respira con dificultad.</li><li>• Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.</li><li>• En caso de contacto con la sustancia, enjuagar inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos.</li><li>• Para contacto menor con la piel, evite esparcir el material sobre la piel que no esté afectada.</li><li>• Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal.</li><li>• Los efectos de exposición a la substancia por (inhalación, ingestión o contacto con la piel) se pueden presentar en forma retardada.</li><li>• Asegúrese que el personal médico tenga conocimiento de los materiales involucrados, y tomar las precauciones para protegerse a sí mismos.</li></ul> |                                     |             |

Figura N°11: “Guía de Respuesta en caso de emergencia”, Página 279



## ANEXO B

---

### MANUAL FITOSANITARIO

#### **AYTHROID TM 525 SL**

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| INGREDIENTE ACTIVO          | a) Metamidofos    b) Cyfluthrin   |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | a) 50 g/L    b) 25 g/L SL<br>(Concentrado Soluble)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Contacto, Ingestión y sistémico   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Bayer A.G. y sus filiales   |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | Bayer S.A.  |
| TOXICIDAD                   | Grupo 1b. Muy Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 219 mg/kg<br>Oral    30 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1419  |

### **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS**

Insecticida formulado a base de dos ingredientes activos. Concentra así ventajas como largo efecto residual, energético efecto de volteo (knock/down), efectivo poder de penetración (translaminar), sistémico, resistente a la alta insolación y lavados por lluvias, buena fitocompatibilidad, entre otras. Además, posee un amplio espectro de acción, controlando simultáneamente insectos masticadores, chupadores, raspadores y minadores. Controla diferentes estadios inmaduros de los insectos y algunos adultos.

| <b>USO</b>                              | <b>PLAGA</b>                           | <b>DOSIS<br/>g/100L agua</b> | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|---|--|------------------------------|----------------------------|
| Remolacha                               | Cuncunillas<br>Pulgones<br>Langostinos | 0,75 L/ha                    | 14                         |
|   | Minahojas                              | 1 L/ha                       |                            |
| Tomates                                 | Polilla del tomate                     | 50 – 75 cc/100               | 2                          |
|   | Monahojas                              | L de agua                    |                            |
|   | Pulgones                               |                              |                            |
| Papas<br>Hortalizas y<br>cultivos bajos | Polillas                               | 50 – 75 cc/100               | 14                         |
|   | Cuncunillas                            | L de agua                    |                            |
|   | Pulgones                               |                              |                            |
|   | Minahojas                              |                              |                            |
| Maíz                                    | Gusanos cortadores                     | 0,5 L/ha                     | 14                         |
|   | Gusanos del choclo                     |                              |                            |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 24 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.1

---

### **BIRLANE 240 EC**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Clorfenvinfos  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 240 g/L EC (Concentrado Emulsionante)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Contacto e Ingestión   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | BASF Aktiengesellschaft y/o Subsidiarias.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | BASF Chile S.A.  |
| TOXICIDAD                   | Grupo 1b. Muy Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 46,7 mg/kg<br>Oral 110 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Sulfato de Atropina.Tratamiento N°2  |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1016   |

### **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS**

Insecticida para el control de escama de San José, conchuela negra, conchuela coma, conchuela café europea y otras escamas y conchuelas en frutales y vides. Presenta, además, acción sobre huevos de arañas y larvas de moscas. Actúa inhibiendo la acetilcolinesterasa.

| <b>USO</b>                                   | <b>PLAGA</b>   | <b>DOSIS<br/>g/100L agua</b>                           | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|--|--|--|----------------------------|
| Frutales de hoja<br>caduca                   | Escama de san José<br>Huevos de arañas                               | Birlane 100 ml<br>+ Citroliv 1 L                       | N.C.                       |
| Manzano<br>Peral<br>Membrillo<br>Nogal       | Escama de san José<br>Falsa escama de san<br>José                    | Birlane 120 ml   | 100                        |
| Cítricos                                     | Conchuela negra<br>Escama coma<br>(Lepidosaphes)<br>Huevos de arañas | Birlane 120 ml<br>o Birlane 100<br>ml + Citroliv<br>1L | 30                         |
| Parronal<br>Viñedo                           | Conchuela café<br>europea  | Birlane 120 ml<br>o Birlane 100<br>ml + Citroliv<br>1L | N.C.                       |
| Kiwi   | Escama blanca de la<br>hiedra<br>Escama blanca del<br>palto          | Birlane 100 a<br>120 ml +<br>Citroliv 1 L              | N.C.                       |
| Olivo  | Conchuela negra  | Birlane 120 ml   | 100                        |
| Guanera y otros<br>desperdicios<br>orgánicos | Larvas de moscas   | Birlane 0,5 L +<br>Vapona 0,5 L                        | N.C.                       |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 48 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.2

---

### DIMETOATO 40

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Dimetoato  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 40% EC (Concentrado emulsionable)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico y Contacto   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | IDA, INC/Drexel Chemical Co  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | United Agri Products Chile S.A.  |
| TOXICIDAD                   | Grupo II. Moderadamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal >2000 mg/kg<br>Oral 1250 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Sulfato de Atropina. Tratamiento N°2.  |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1278   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida recomendado para el control de insectos chupadores y masticadores. Actúa por contacto pero además es absorbido rápidamente por la planta y traslocado a todos los órganos del vegetal. Posee un alto poder residual protegiendo también los brotes que se desarrollan después de la aplicación.

| <b>USO</b>                        | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS</b>                     | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|-----------------------------------|---|----------------------------------|----------------------------|
| Manzano<br>Peral                  | Pulgón lanífero<br>Polillas, chape,<br>Chanchito blanco,<br>Conchuelas,<br>Pulgones | 100 cc/100L de<br>agua           | 28                         |
| Viñas y<br>Parronales             | Trips, chanchito<br>blanco, conchuela<br>grande café,<br>Conchuela café<br>europea  | 100 cc/100L de<br>agua           | 30                         |
| Cítricos                          | Pulgones, conchuelas,<br>Escamas, trips,<br>Chanchito blanco,<br>Mosquita blanca    | 100 – 120<br>cc/100 L de<br>agua | 15                         |
| Chacra<br>Hortalizas<br>Remolacha | Pulgones, langostinos,<br>Larvas minadoras,<br>trips, pilme,<br>cuncunillas         | 0,5 – 1,0 L/ha                   | 14                         |
| Cereales                          | Pulgones, trips   | 0,5 – 1,0 L/ha                   | 60                         |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 7 días el ganado después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.3

---

### DIMETO ATO 40% EC

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Dimetoato   |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 400 g/l. EC (Concentrado emulsionable)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico y Contacto.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | POINT INTERNACIONAL LTD., Inglaterra  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | POINT CHILE S.A.  |
| TOXICIDAD                   | Grupo II. Moderadamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal >2000 mg/kg<br>Oral 928 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Sulfato de Atropina. Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1372  |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida que actúa controlando chupadores y masticadores en frutales, cultivos y ornamentales, a través de su acción sistémica y de contacto. Controla pulgones, conchuelas, chanchitos blancos, mosquitas blancas, langostinos, cuncunillas, polilla del manzano, peral y nogal, etc. Posee un efecto residual de 10 a 15 días.

| <b>USO</b>            | <b>PLAGA</b>   | <b>DOSIS<br/>Cc/100L de<br/>agua</b> | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|-----------------------|--|--------------------------------------|----------------------------|
| Manzano<br>Peral      | Pulgón lanífero<br>Polilla<br>Chape<br>Chanchito blanco<br>Conchuelas                                  | 100                                  | 12                         |
| Vides                 | Trips<br>Chanchito blanco<br>Conchuela grande<br>Café europea  | 100                                  | 20                         |
| Cítricos              | Pulgones<br>Chanchito blanco<br>Conchuela negra y<br>morada<br>Escama roja<br>Trips<br>Mosquita blanca | 100                                  | 20                         |
| Hortalizas<br>Chacras | Langostinos<br>Pulgones<br>Pilmes<br>Larvas minadoras<br>Trips   | 0,5 – 1 L/ha                         | 14                         |
| Trigo<br>Cebada       | Pulgones   | 0,5 – 1 L/ha                         | 30 a 45                    |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 24 horas después de realizada la aplicación.



## ANEXO B.4

---

### DIMETOATO 40 EC

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Dimetoato  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 400 g/l. SL (Concentrado emulsionante)   |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico, Contacto.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Agrícola Nacional S.A.C. e I.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | ANASAC   |
| TOXICIDAD                   | Grupo II. Moderadamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal >600 mg/kg<br>Oral 400 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1304   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida sistémico. Posee un efecto residual de 10 a 15 días. Actúa sobre una amplia gama de insectos masticadores y chupadores en diversos cultivos.

| <b>USO</b>                                 | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS</b>             | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|--|---|--------------------------|----------------------------|
| Vides                                      | Trips Californiano<br>Otros trips<br>Chanchito blanco<br>Conchuelas                                       | 100 cc/ 100 l<br>de agua | 15                         |
| Manzanos<br>Perales                        | Pulgón lanífero<br>Chape del cerezo<br>Chanchito blanco<br>Escama de san José<br>Polillas                 | 100 cc/100 l de<br>agua  | 18                         |
| Limonero<br>Naranja<br>Pomelo<br>Mandarino | Pulgones<br>Chanchitos blancos<br>Conchuelas negra y<br>morada<br>Escama roja<br>Trips<br>Mosquita blanca | 100 cc/100 l de<br>agua  | 20 a 40                    |
| Chacras<br>Hortalizas                      | Pulgones, pildes,<br>Trips, larvas<br>minadoras,<br>Langostinos   | 0,75 – 1,0 L/ha          | 10 a 35                    |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 48 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.5

---

### MALATHION 57 EC

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Malathion  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 570 g/l. EC (Concentrado Emulsionante)   |
| MODO DE ACCIÓN              | Contacto, estomacal y respiratoria.  |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Agrícola Nacional S.A.C. e I.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | ANASAC   |
| TOXICIDAD                   | Grupo II. Moderadamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal >3508 mg/kg<br>Oral 9649 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1417   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida que controla una amplia gama de insectos masticadores y chupadores en frutales, hortalizas y ornamentales.

No se recomienda su uso en floración ya que daña a las abejas.

Por tratarse de un producto de contacto debe ser aplicado con alto mojamiento.

No induce aumento de población de arañitas.

| <b>USO</b>                                       | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS<br/>g/100L agua</b> | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|--|---|------------------------------|----------------------------|
| Hortalizas,<br>Leguminosas,<br>Papas,<br>Tomates | Cuncunillas,<br>Pulgones,<br>Langostinos,<br>Coleópteros,<br>Minahojas,<br>Arañitas | 1,5 – 3,0 L/ha               | 7<br><br>Tomates<br>3- 12  |
| Champiñones                                      | Moscas,<br>Arañitas   | 200                          | 7                          |
| Frutales de<br>Carozos,<br>Pomáceas              | Pulgones,<br>Polilla,<br>Escama,<br>Arañitas  | 125 – 250                    | 10                         |
| Uva vinífera y de<br>mesa                        | Trips de la flor,<br>Cochuela europea,<br>Chanchitos blancos,<br>Pulgones           | 130 – 175                    | 3                          |
| Frambuesa y<br>otros berries                     | Pulgones,<br>Trips  | 150 – 180                    | 5                          |
| Espárragos                                       | Trips,<br>Pulgones,<br>Cuncunillas  | 1,5 – 2,5 L/ha               | 5                          |
| Granos<br>Almacenados                            | Insectos de grano<br>almacenado   |                              | N.C.                       |

### **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 12 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.6

---

### METAMIDOPHOS 600 SL

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Metamidofos  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 600 g/l. SL (Concentrado Soluble)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico, Contacto e ingestión.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Bayer A.G. y sus filiales  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | Bayer S.A.   |
| TOXICIDAD                   | Grupo Ia. Sumamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 192 mg/kg<br>Oral 18 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1527   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida sistémico con acción de contacto e ingestión. Debido a su acción sistémica logra llegar a los puntos de crecimiento del vegetal, protegiéndolo del ataque de diversos insectos chupadores y masticadores. Posee un amplio espectro de acción y un notable efecto residual.

| <b>USO</b>                                    | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS</b>   | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|---|---|--|----------------------------|
| Hortalizas,<br>Papas,<br>Tomates<br>Remolacha | Masticadores y<br>chupadores<br><br>Trips de california<br><br>Gusanos cortadores | 0,5 – 1 L/ha<br><br>100 – 120<br>cc/100 L de<br>agua<br><br>1 – 1,5 l/ha | 21<br><br>Tomates<br>10    |
| Cereales<br>Raps<br>Coles<br>Forrajeras       | Cuncunillas<br>Polilla de la col<br>Pulgones                                      | 0,75 – 1 l/ha  |                            |
| Vides de mesa                                 | Trips de california   | 100 – 120 cc/<br>100 L de agua   |                            |
| Frutales                                      | Trips de california   | 100 – 120 cc/<br>100 l de agua   | 75                         |
| Frutales y vides                              | Polilla del duraznero<br>Pulgones<br>Trips de las flores                          | 50 – 70 cc/ 100<br>l de agua   | 75                         |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 24 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.7

---

### MONITOR 600

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Metamidofos   |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 600 g/l. SL (Concentrado Soluble)   |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico y Contacto.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Arvesta Corporation.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | BASF Chile S.A.   |
| TOXICIDAD                   | Grupo Ia. Sumamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 49 - 192 mg/kg<br>Oral 18 – 20 mg/kg<br>Segundo estudio 24,1 – 32,3 mg/kg |
|                             | K2  |
| ANTÍDOTO                    | Sulfato de Atropina. Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1071  |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida que controla una amplia gama de insectos masticadores y chupadores. Las aplicaciones deben iniciarse en cuanto aparezcan los primeros insectos y, si es necesario, repetir el tratamiento según presión de la plaga.

| <b>USO</b>  | <b>PLAGA</b>   | <b>DOSIS</b>                                    | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|---|--|---|----------------------------|
| Ajo<br>Cebolla<br>Frejol<br>Tomate<br>Hortalizas<br>Cultivos de<br>chacarería | Pulgones,<br>Trips<br>Cuncunillas<br>Bruco<br>Langostinos<br>Gusano del follaje<br>otros                           | 0,5 – 1,0 L/ha                                  | 21                         |
| Papa<br>Raps<br>Remolacha<br>Azucarera<br>Maíz                                | Cuncunillas<br>Pilmes<br>Polillas<br>Larvas minadoras<br>Pulgones<br>Gusanos<br>Cortadores<br>Langostinos<br>Trips | 0,5 a 1,0 L/ha                                  |                            |
| Alfalfa   | Epinotia<br>Pulgones   | 1,2 a 1,5 l/ha                                  |                            |
| Cereales  | Pulgones   | 0,6 a 1,0                                       |                            |
| Frutales de<br>carozo<br>(principalmente<br>nectarines)<br>Vides              | Trips<br>Californiano  | 100 ml/100 L<br>de agua<br>(mínimo 1,5<br>l/ha) | Carozos : 75<br>Vides: 90  |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 5 días después de realizada la aplicación.



## ANEXO B.8

---

|                |
|----------------|
| <b>MTD 600</b> |
|----------------|

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Metamidofos  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 600 g/l. SL (Concentrado Soluble)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico, Contacto e inhalación.  |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | WESTRADE GUATEMALA S.A.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | POIMT CHILE S.A.   |
| TOXICIDAD                   | Grupo Ia. Sumamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 582 mg/kg<br>Oral 12,8 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Sulfato de Atropina. Tratamiento N°2.  |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1494   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida de acción sistémica, contacto e inhalación. Posee un efecto residual, un amplio espectro de control y rápida acción. Estas características hacen que se recomendado para controlar una amplia gama de insectos de hábitos masticadores y chupadores, en hortalizas, chacras, remolacha, raps, cereales y frutales.

| <b>USO</b>                     | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS<br/>L/ha</b>                               | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|--------------------------------|---|---|----------------------------|
| Remolacha<br>Raps              | Pulgones<br>Cuncunillas<br>Langostinos<br>Gusanos   | 0,5 – 1   | 21                         |
| Hortalizas<br>Chacras<br>melón | Polilla del tomate<br>Trips<br>Larvas minadoras<br>Pulgones<br>Cuncunillas<br>Gusano del choclo | 0,5 – 1   | Tomate 15<br><br>Melón 20  |
| Cereales                       | Pulgones<br>Cuncunillas   | 0,6 – 1   | 21                         |
| Papas                          | Polilla de la papa<br>Larvas minadoras  | 0,5 – 1   | 14                         |
| Frutales<br>(carozos)          | Polilla del duraznero<br><br>Trips<br>Pulgones  | 50 – 100<br>Cc/100L agua<br><br>100<br>Cc/100L agua | 60                         |
| Vid                            | Trips californiano  | 100<br>Cc/100L agua                                 | 70                         |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 48 horas y 15 días el ganado después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.9

---

### MTD 600 SL

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Metamidofos   |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 600 g/l. SL (Líquido Soluble)   |
| MODO DE ACCIÓN              | Contacto, ingestión, sistémico.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Agrícola Nacional S.A.C. e I.   |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | ANASAC  |
| TOXICIDAD                   | Grupo Ia. Sumamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 166 mg/kg<br>Oral >33 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.  |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1415  |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Debido a su acción sistémica, contacto e inhalación logra alta eficiencia contra el ataque de insectos chupadores y masticadores en diversos cultivos. Posee larga acción residual.

| <b>USO</b>                                    | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS<br/>L/ha</b>           | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|---|---|---------------------------------|----------------------------|
| Hortalizas,<br>Chacras y<br>Similares         | Polillas del tomate,<br>Polillas de las coles,<br>Mariposa de la col,<br>Gusano del choclo,<br>Larvas minahojas | 0,5 – 1,0                       | 20                         |
| Papas   | Polilla de la papa,<br>Larvas minahojas   | 0,5 – 1,0                       | 14                         |
| Remolacha,<br>Raps                            | Cuncunillas<br>Langostinos,<br>Pulgones,<br>Minahojas   | 0,75 – 1,0                      | 21                         |
| Durazneros,<br>Nectarines y<br>otros frutales | Pulgones,<br>Trips,   | 40 – 100<br>Cc/100 L de<br>agua | 60                         |
|   | Polilla del Duraznero   | 60 – 100<br>Cc/100 L de<br>agua |                            |
| Cereales                                      | Cuncunillas,<br>Pulgones del follaje  | 0,75 – 1,0                      | 21                         |
| Alfalfa                                       | Pulgones  | 1,0 – 1,5                       | 21                         |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 48 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.10

---

|                       |
|-----------------------|
| <b>TAMARON 600 SL</b> |
|-----------------------|

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Metamidofos  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 600 g/l. SL (Concentrado Soluble)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico, Contacto e Ingestión.   |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Bayer A.G. y sus filiales  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | Bayer S.A.   |
| TOXICIDAD                   | Grupo IA. Sumamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal > 183 mg/kg<br>Oral 25 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1007   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida sistémico con acción de contacto e ingestión. Debido a su acción sistémica logra llegar a los puntos de crecimiento del vegetal, protegiéndolo del ataque de diversos insectos chupadores y masticadores. Posee un amplio espectro de acción y un notable efecto residual.

| <b>USO</b>                                      | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS<br/>g/100L agua</b>   | <b>CARENCIA<br/>(días)</b> |
|---|---|--|----------------------------|
| Hortalizas, ,<br>Papas,<br>Tomates<br>Remolacha | Masticadores y<br>chupadores<br><br>Trips de California<br><br>Gusanos cortadores | 0,5 – 1 L/ha<br><br>100 – 200<br>cc/100 L de<br>agua<br><br>1 – 1,5 L/ha |                            |
| Cereales<br>Raps<br>Coles<br>Forrajeras         | Cuncunillas<br>Polilla de la col<br>Pulgones                                      | 0,75 – 1 L/ha  |                            |
| Vídes de mesa                                   | Trips de california   | 100 – 120<br>cc/100 L de<br>agua   |                            |
| Frutales  | Trips de california   | 100 – 120 cc/<br>100 L de agua   |                            |
| Frutales y vídes                                | Polilla del duraznero<br>Pulgones<br>Trips de las flores                          | 50 – 70 cc/100<br>L de agua  |                            |

## **PRECAUCIONES**

Reingreso al área tratada: 24 horas después de realizada la aplicación.

## ANEXO B.11

---

### SALUT

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| INGREDIENTE ACTIVO          | Dimetoato + Clorpirifos  |
| CONCENTRACIÓN Y FORMULACIÓN | 222 g/l + 278 g/l EC (Concentrado Emulsionable)  |
| MODO DE ACCIÓN              | Sistémico y Contacto.  |
| FABRICANTE/ FORMULADOR      | Cheminova Agro A/S.  |
| DISTRIBUIDOR EN CHILE       | BASF Chile S.A.  |
| TOXICIDAD                   | Grupo II. Moderadamente Peligroso<br>DL50 producto comercial:<br>Dermal 344 mg/kg<br>Oral >760 mg/kg |
| ANTÍDOTO                    | Tratamiento N°2.   |
| AUTORIZACIÓN SAG            | 1129   |

### PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Insecticida formulado a base de dos materias activas que le confieren propiedades sistémica y de contacto, así como una gran polivalencia contra numerosos insectos chupadores y masticadores en frutales, vides, cítricos y cultivos bajos. Se caracteriza por su persistencia, es absorbido y traslocado con la savia, protegiendo los brotes que se desarrollan hasta 15 días después de la aplicación.

| <b>USO</b>       | <b>PLAGA</b>  | <b>DOSIS</b>                     | <b>CARENCIA<br/>(días)</b>   |
|------------------|---|----------------------------------|------------------------------|
| Cítricos         | Pulgones<br>Conchuelas<br>Trips<br>Chanchito blanco<br>Escama coma<br>Burrito<br>Larvas de<br>lepidópteros<br>Mosquita blanca | 150 a 200 ml/<br>100L de agua    | 25                           |
| Manzano<br>Peral | Pulgón lanífero en<br>raíces  | 125 a 150<br>ml/100L de<br>agua  | Manzana<br>15<br>Peral<br>40 |
| Manzano<br>Peral | Pulgones<br>Polillas de la fruta<br>Escamas; Eulia<br>Chanchito blanco<br>Gusano de los<br>penachos                           | 125 a 150<br>ml/100L de<br>agua  | 20                           |
| Vides            | Trips<br>Eulia<br>Burrito<br>Conchuelas<br>Chanchito blanco   | 125 a 150<br>ml/100 L de<br>agua | 20                           |



|                                       |  |  |    |
|---------------------------------------|--|--|----|
|                                       | Trips californiano   | 120 a 150<br>ml/100L de<br>agua  |    |
| Cereales<br>Leguminosas<br>Hortalizas | Pulgones<br>Trips<br>Larvas<br>Minadoras                               | 0,6 a 1,0 L/ha<br>En cereales no<br>usar dosis<br>mayores de 0,6<br>L/ha | 35 |
| Remolacha<br>Raps                     | Pulgones<br>Trips<br>Cuncunillas<br>Larvas<br>Minadoras<br>Langostinos | 0,6 a 1,5 L/ha   | 35 |
| Tabaco                                | Pulgones<br>Trips<br>Cuncunillas<br>Mosquita blanca                    | 0,6 a 1,4 L/ha   | -  |

## PRECAUCIONES

Reingreso al área tratada: 24 horas después de realizada la aplicación.

## **ANEXO C**

---

### **BROTOS O EVENTOS COLECTIVOS**

En epidemiología se define brote o evento colectivo como la presencia de dos o más casos de intoxicación en los que se comprueba un origen común, un mismo agente causal, la ocurrencia en el mismo período de tiempo y vinculado al mismo lugar.

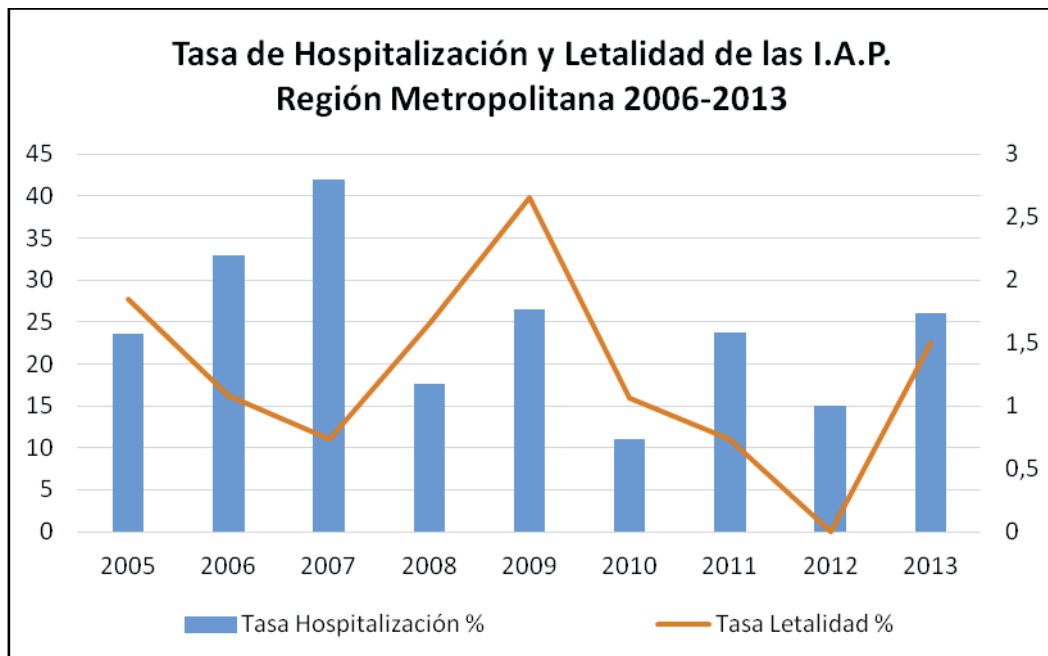
Durante el año 2013 se investigaron 13 brotes (eventos colectivos) que afectaron a 80 personas (40%), distribuyéndose en:

- 7 brotes de origen laboral, afectando a 55 trabajadores.
- 5 situaciones de tipo accidental no laboral con 23 personas intoxicadas.
- Un brote con características suicidas que involucró a una pareja de adultos alcohólicos/drogadictos.

Años anteriores la proporción de casos en brotes resultaba cercana al 60%.

Los casos en brotes laborales merecen un comentario aparte ya que deben investigarse bajo el criterio de accidente laboral grave, de acuerdo a la Circular 2345, del año 2007 de la Superintendencia de Seguridad Social y la Norma Técnica respectiva, sobre Vigilancia de Accidentes Laborales Graves y con Resultado de Muerte, que fue publicada durante el año 2012, por MINSAL.

El criterio de gravedad de las I.A.P., se calcula a través de la tasa de Hospitalización, dicho indicador para el año 2013 fue de 26%, mayor al observado en el 2012 con el 15,3%; la tasa de Letalidad fue de 1,5%, dado por las tres muertes (suicidios) hombres de 61, 70 y 71 años de acuerdo a lo investigado, considerando que estos casos fueron notificados desde el establecimiento de salud que atendió a los pacientes. Esta información fue corroborada con el Depto. de Estadística del Servicio Médico Legal. (*Figura N°12*)



**Figura N°12:** Tasa de Hospitalización y letalidad de las I.A.P., R.M. 2006-2013

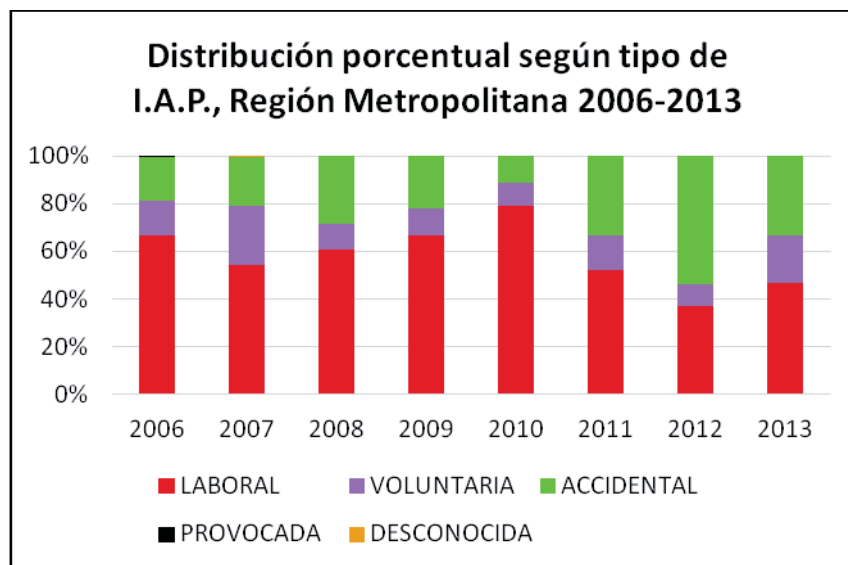
Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional y Prevención de Riesgos.

En la Región Metropolitana, no se han recepcionado defunciones catalogados como laborales o accidentales, durante el último decenio a causa de plaguicidas.

El grupo que históricamente ha estado expuesto a plaguicidas son los trabajadores del sector agrícola, sin embargo esta situación está variando, ya que cada día se ven afectadas comunidades vecinas a los lugares tratados, tanto por plaguicidas de uso agrícola como por plaguicidas de uso sanitario y doméstico en instalaciones y zonas urbanas.

Las I.A.P., se clasifican según sea su origen: laborales, voluntarias o intento de suicidio, accidentales involuntarias y provocadas por terceros.

En la Figura N°13, se observa una cierta tendencia a mantener determinados rangos de proporciones para los tipos de intoxicaciones.



**Figura N°13:** Distribución porcentual según tipo de I.A.P., R.M. 2006-2013

Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional y Prevención de Riesgos.

Es así como la proporción de la I.A.P. de origen laboral, representó para el año 2013 fue un 46,7%, valor dentro del rango visto para años anteriores; las I.A.P. accidentales confirmadas corresponden al 33%, menor a la vista durante el 2012 que significó un 54%; finalmente para los casos de I.A.P. de origen voluntario (intento de suicidio), se observó un aumento importante representando el 20% (40 casos) de total de las I.A.P. confirmadas para el 2013, considerando que para el 2012 fue del 9%. (Figura N°13)

Sobre los 40 casos de intoxicaciones agudas por plaguicidas de origen voluntario (intento de suicidio) notificadas, investigadas y confirmadas durante el 2013, puede señalarse que 14 son mujeres y 26 hombres, con un promedio de edad de 35 años para ambos sexos y un rango de edad entre los 14 y 72 años. Este promedio de edad es similar al visto durante el año 2012. Si se analiza solo el grupo de menores de 22 años, encontramos que 10

casos corresponden a siete hombres cuyas edades van de los 14 a 21 años, los tres casos restantes corresponden a mujeres con un rango de edad entre 15 a 20 años. La tasa de letalidad para los intentos de suicidio de un 7,5%.

Lo señalado anteriormente revela la importancia de realizar actividades de prevención de intoxicaciones, con fuerza dirigida a los accidentes caseros, especialmente a los que afectan a menores de edad.

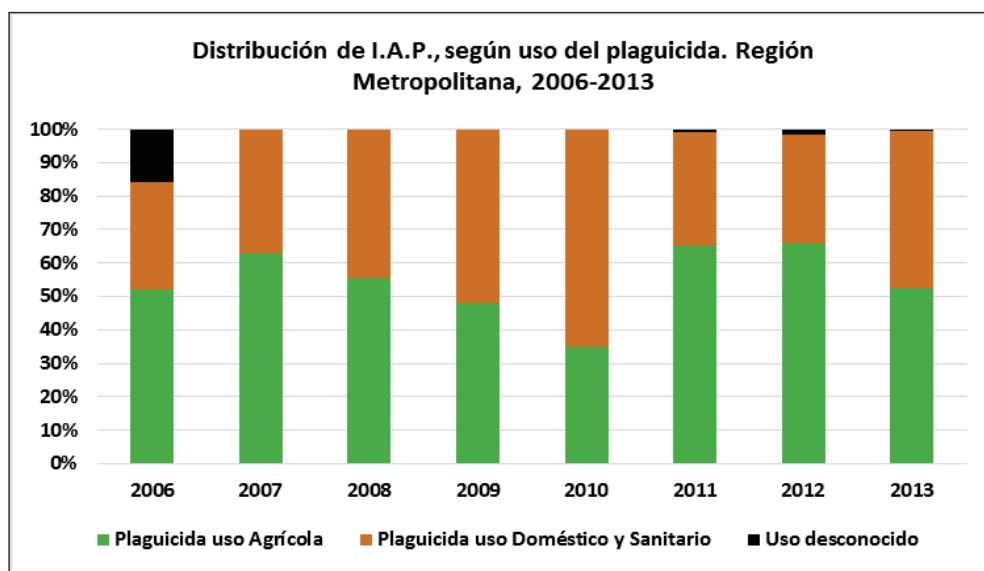
Los mecanismos de exposición definidos y considerados en las I.A.P. son:

- Por exposición directa, entendiéndose el contacto directo con el plaguicidas por aplicación, manipulación, o ingesta.
- Por deriva, la que se origina en el contacto con las microgotas presentes en el ambiente al cual se expone la persona que esta en las cercanías donde se aplicó el producto y desplazadas por el viento presente en el lugar.
- Por incumplimiento del periodo de reentrada, que corresponde al tiempo de seguridad que existe entre el término de la aplicación y el momento que se puede ingresar al área tratada sin elementos de protección personal.
- Exposición por no respeto del periodo de carencia, esto aplica para los plaguicidas de uso agrícola y que corresponde al tiempo que se debe esperar entre la última aplicación de plaguicidas y la cosecha o consumo de un vegetal (frutas y hortalizas).

Ambos períodos aparecen en las etiquetas de los plaguicidas. En ocasiones no se ha podido dilucidar el mecanismo de exposición (desconocido), pero existiendo sintomatología en el o los afectados, no se puede descartar la situación de intoxicación aguda por plaguicidas.

Durante el año 2013, el mecanismo de exposición que con mayor frecuencia presento casos fue el directo, aun excluyendo a los intentos de suicidio o voluntarios.

La vía directa, aparece en las I.A.P. de origen voluntario como única causa y esta se relaciona directamente con la ingesta del producto; para los trabajadores la primera causa durante el año 2013 fue por el efecto de deriva, a diferencia de años anteriores en que se observaba que el mecanismo de exposición directo era la principal causa, este toma una proporción menor, correspondiendo a la tarea de manipulación o aplicación de los mismos sin la debida protección personal, situación que se genera también para la I.A.P. accidentales; y finalmente por no respetar el periodo de reingreso al lugar tratado. Mención importante merece la situación del contacto directo para los casos accidentales originado en la ingesta mayoritariamente de productos rodenticidas, afectando en un 100% a menores de edad. La deriva para los casos accidentales, proviene de lugares vecinos a su casa habitación siendo el lugar vecino un predio agrícola o su mismo hogar.



*Figura N° 14: Distribución de I.A.P., según uso del plaguicida, R.M. 2006-2013*

*Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional  
Prevención de Riesgos.*

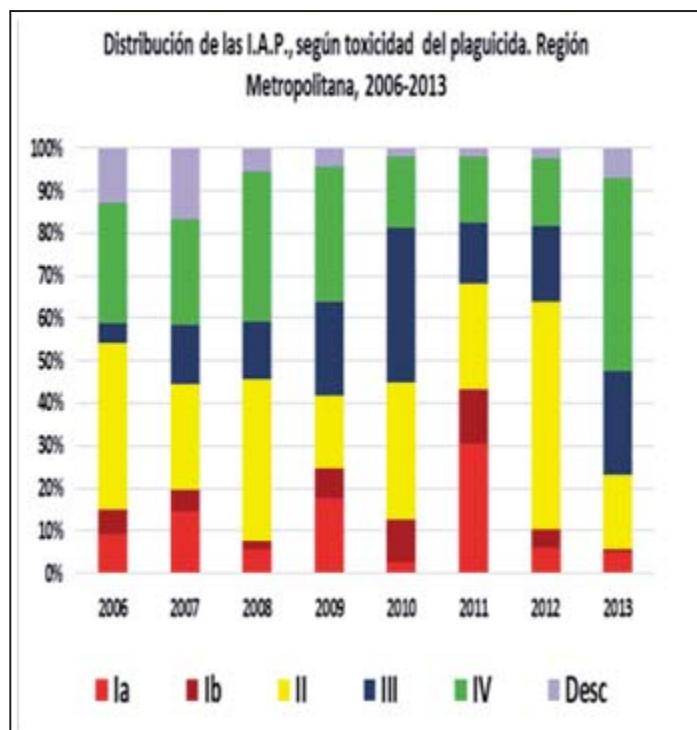
La Figura N°14 permite señalar, que hasta el 2010, el aporte de los plaguicidas de uso agrícola involucrados en I.A.P. iba disminuyendo, pero durante el 2011, se presentó un aumento en el porcentaje de casos involucrados con ese tipo de producto, que se mantuvo en el 2012 (60%), dejando el resto a los plaguicidas de uso sanitario y doméstico con un 40% del total; esta situación se ve nuevamente modificada al aumentar la proporción de casos donde se ve involucrado un plaguicida de uso sanitario doméstico, llegando así a una igualdad en sus porcentajes.

La distribución de las I.A.P. según la clasificación toxicológica definida por O.M.S., esta basada en la Dosis Letal 50 del ingrediente activo (DL50), definida como la cantidad en miligramos de producto tóxico, que al ser ingerido por una población de roedores, causa la muerte al 50% de los animales bajo experimentación.

Los envases de plaguicidas tanto de uso agrícola como sanitario doméstico, deben por normativa del SAG e ISP, incorporar una franja de color que identifique la toxicidad del producto. (*Tabla N°12*)

*Tabla N°12*

| <b>ROJO</b>   | <b>AMARILLO</b>         | <b>AZUL</b>    | <b>VERDE</b>                               |
|---|-------------------------|----------------|--|
| <p>Ia, Sumamente peligroso</p> <p>Ib, Muy peligroso</p> | Moderadamente peligroso | Poco peligroso | Producto que normalmente no ofrece peligro |



**Figura N°15:** Distribución de las I.A.P. según toxicidad del plaguicida, R.M., 2006-2013

*Fuente: SEREMI de Salud R.M., Subdepto Salud Ocupacional  
Prevención de Riesgos.*

La Figura N°15 muestra la distribución de los casos según la toxicidad de los plaguicidas involucrados. Los productos de mayor toxicidad tipo Ia y Ib, aportaron durante el 2013 el 5% en el total de los casos confirmados (199); no obstante los plaguicidas con el menor grado de toxicidad (tipo IV), identificada como aquellos que normalmente no ofrecen peligro, aportan con el 45,2% de los casos, a diferencia del año 2012, donde el mayor aporte recae en los plaguicidas de toxicidad II con un aporte cercano al 50%; los productos de toxicidad tipo III, se han mantenido en un rango de 20-24%. Finalmente en 14 casos (7%) no se logra individualizar el producto involucrado, por no existir rastro físico del mismo.

El porcentaje cercano al 70% comprende a productos de las categorías III y IV, de menores toxicidades ocupados tanto en sector agrícola como por las empresas de control de plagas domésticas, los que resultan igualmente tóxicos si no se toman las medidas preventivas para minimizar su acción, tanto a los trabajadores como a los vecinos al tratamiento realizado.



## ANEXO D

Tabla N°2: Equipos de Protección Respiratoria Contra Partículas.

| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria                                |
|-------------------------------|---|
|                               | <b>Purificadores de Aire</b>  |
| 10                            | Pieza facial auto filtrante de media máscara contra partículas                    |
| 10                            | Filtro contra partículas más pieza facial de media máscara                        |
| 50                            | Filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa                     |
| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria                                |
|                               | <b>Purificadores de Aire Asistidos</b>  |
| 50                            | Filtro contra partículas más pieza facial de media máscara                        |
| 250                           | Filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa                     |
| 25                            | Filtro contra partículas más un casco de ajuste holgado                           |
| 25                            | Filtro contra partículas más un casco o capucha                                   |
|                               | <b>Suministradores de aire</b>  |
| 10                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara    |
| 50                            | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara      |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara    |
| 50                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa |
| 250                           | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa   |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa |

Nota: Tomado de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos.

Figura N°17: “Guía para la selección y control de protección respiratoria”, Tabla N°2: Equipos de protección respiratoria contra partículas.

## ANEXO D.1

Tabla N°3: Equipos de Protección Respiratoria Contra Gases y/o Vapores.

| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria                                |
|-------------------------------|---|
|                               | <b>Purificadores de Aire no Asistidos</b>   |
| 10                            | Pieza facial auto filtrante de media máscara contra gases y/o vapores             |
| 10                            | Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de media máscara                 |
| 50                            | Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de máscara completa              |
| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria                                |
|                               | <b>Purificadores de Aire Asistidos</b>  |
| 50                            | Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de media máscara                 |
| 250                           | Filtro contra gases y/o vapores más pieza facial de máscara completa              |
| 25                            | Filtro contra gases y/o vapores más un casco de ajuste holgado                    |
| 25                            | Filtro contra gases y/o vapores más un casco o capucha                            |
|                               | <b>Suministradores de aire</b>  |
| 10                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara    |
| 50                            | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara      |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara    |
| 50                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa |
| 250                           | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa   |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa |

Nota: Tomado de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos.

Figura N°18: “Guía para la selección y control de protección respiratoria”, Tabla N°3: Equipos de protección respiratoria contra gases y/o vapores.

## ANEXO D.2

Tabla N°4: Equipos de Protección Respiratoria Contra Partículas y Gas y/o Vapor.

| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria  |
|-------------------------------|---|
|                               | <b>Purificadores de Aire</b>  |
| 10                            | Pieza facial auto filtrante de media máscara contra partículas y gases y/o vapores                                  |
| 10                            | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de media máscara    |
| 50                            | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa |
| Factor de Protección Asignado | Clase y Tipo de Equipos de Protección Respiratoria  |
|                               | <b>Purificadores de Aire Asistidos</b>  |
| 50                            | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de media máscara    |
| 250                           | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más pieza facial de máscara completa |
| 25                            | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más un casco de ajuste holgado       |
| 25                            | Filtro contra gases y/o vapores en combinación con un filtro contra partículas más un casco o capucha               |
|                               | <b>Suministradores de Aire</b>  |
| 10                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de media máscara                                      |
| 50                            | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de media máscara  |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de media máscara                                      |
| 50                            | Equipo con línea de aire de presión negativa con pieza facial de máscara completa                                   |
| 250                           | Equipo con línea de aire de flujo continuo con pieza facial de máscara completa                                     |
| 1000                          | Equipo con línea de aire de presión positiva con pieza facial de máscara completa                                   |

Nota: Tomado de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de Estados Unidos.

Figura N°19: “Guía para la selección y control de protección respiratoria”, Tabla N°4: Equipos de protección respiratoria contra partículas y gases y/o vapores.

**HOJA DE SEGURIDAD**  
**COMPUESTO ORGANOFOSFORADO**  
**CLORFENVINFOS**

**HOJA DE SEGURIDAD**  
**COMPUESTO ORGANOFOSFORADO**  
**DIMETOATO**

**HOJA DE SEGURIDAD  
COMPUESTO ORGANOFOSFORADO  
MALATION**

**HOJA DE SEGURIDAD**  
**COMPUESTO ORGANOFOSFORADO**  
**METAMIDOFOS**

## GLOSARIO

---

**Absorción:** Es una ruta de exposición tóxica. Penetración de sustancias tóxicas al organismo a través del contacto con la piel.

**Corrosivo:** Cualquier sustancia que puede causar visible destrucción o alteración irreversible del tejido humano y/o que tenga un gran poder de corrosión en el acero. Puede ser tanto un ácido como un cáustico.

**Derrame:** Dispersión, diseminación o extensión de un líquido o cualquier sustancia, que escapa de un contenedor hacia el medio ambiente.

**DL<sub>50</sub>** (Dosis Letal 50; LD 50, “Letal Dosis 50”): Cantidad de sustancia o producto que provoca la muerte del 50% de los animales de experimentación expuestos.

**Emergencia:** es un acontecimiento repentino, y generalmente inesperado, que requiere de una acción inmediata.

**Exposición Aguda:** una alta dosis que es absorbida por el organismo por un solo evento o en un corto período.

**Exposición Crónica:** Una dosis baja y que en forma repetida es absorbida por un largo período.

**Evacuación:** Procedimiento de protección masiva que implica movilizar personas en forma ordenada, alejándolas de los peligros actuales o potenciales y ubicándolas en zonas de seguridad.

**Incidente:** Es la liberación o potencial liberación de una sustancia peligrosa que pueda causar daño a las personas y el medio ambiente.

Una emergencia que involucra materiales peligrosos es identificada como incidente.



**Ingestión:** Introducción de sustancias al organismo por vía oral.

**Inhalación:** Incorporación de sustancias al organismo al respirar por la nariz o por la boca.

**Irritante:** Material no corrosivo que causa un efecto inflamatorio reversible sobre el tejido viviente, mediante una acción química en el sitio de contacto, en función de las concentraciones, del tiempo de exposición y las características del sujeto expuesto.

**Mitigación:** Toda acción que se toma para prevenir o reducir la severidad del riesgo.

**Toxicidad:** Capacidad de una sustancia de causar daño a los seres vivientes, con perjuicio al sistema nervioso central, severa enfermedad o muerte, al ser ingerido, inhalado o absorbido a través de la piel.

## ABREVIATURAS

---

**DOT:** Departamento de Transporte. Denominación de la Guía de Respuesta de emergencias.

**EPA:** Agencia de Protección Ambiental (EE.UU.).

**EPP:** Equipo de protección personal.

**NFPA:** Asociación Nacional de Protección contra el fuego (EE.UU.).

**NIOSH:** Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (EE.UU.).

**OSHA:** Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (EE.UU.).