



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO  
FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESTIMACIÓN DEL DESTINO AMBIENTAL DE LOS  
PESTICIDAS EMPLEADOS EN SISTEMAS AGRO-  
FORESTALES DE LA CUENCA DEL ESTERO PEUPEU  
EN LA COMUNA DE LAUTARO, IX REGIÓN.**

por

**NATACHA DANIELA BERGEL SANTIBAÑEZ**

Trabajo de título presentada a la  
Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco  
Para optar al Grado de Licenciado en Recursos Naturales

**-Temuco, 2004 -**



**UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
COMISION DE EXAMEN DE GRADO**



Examen de grado realizado en la escuela de Ciencias Ambientales.

Presidente Comisión

-----  
Osvaldo Rubilar Alarcón  
Decano Facultad de Ciencias

Profesor Patrocinante

-----  
Francisco Encina Montoya  
Doctor en Ciencias Ambientales

Profesor Co-Patrocinante

-----  
Rodrigo Palma Troncoso  
Magíster en Limnología

Profesor Informante

-----  
Ricardo Barra Ríos  
Doctor en Ciencias Ambientales

Director de Escuela

-----  
Francisco Encina Montoya  
Doctor en Ciencias Ambientales

Coordinador de Tesis

-----  
Mario Ramírez Espinoza  
Master en Física

Temuco; Octubre 2004

## DEDICATORIA

### *§ Padre §*

*Desde los cielos tú me miras y me sonríes,  
porque desde arriba tú compartes conmigo  
la inmensa alegría de haber alcanzado por  
fin en este día, mi gran sueño anhelado.*

~ ♣ ~

*A mi padre*

*Victor Bergel R. †*

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al terminar esta etapa de mi vida quisiera agradecer de todo corazón a:**

Dios  $\ddagger$ : Por darme la fuerza para mirar siempre al frente y dejar a tras todos los obstáculos y malos momentos que se fueron presentando en el camino y permitirme llevar en todo momento un corazón lleno de esperanza y alegría.

A mis padres: Porque al terminar esta etapa de mi vida me siento feliz porque todos los sacrificios, penas y alegrías que ustedes compartieron conmigo, hoy por fin dieron un hermoso fruto. “Gracias”.

Al compañero de mi vida, Daniel: Por la paciencia, disposición y cariño que siempre me brindo, sobretodo en los momentos más difíciles de toda mi trayectoria universitaria.

Al profesor Francisco Encina: Por guiarme y ofrecerme sus conocimientos a través de sabias observaciones que contribuyeron en el logro del buen desarrollo de este trabajo.

Al señor Rodrigo Palma: Por el apoyo brindado en los terrenos, observaciones y aportes que ayudaron al buen perfeccionamiento de este trabajo.

A la señora Graciela Palma: Por su tiempo e información entregada en el transcurso del desarrollo de este estudio.

Al servicio agrícola y ganadero por la oportunidad que me dio de realizar y a la ves de financiar este estudio.

A la señora Ida Lagos de la Municipalidad de Lautaro y al señor Percibal Beltran de PRODER por su tiempo y ayuda en las visitas a terreno a los predios del área de estudio.

A las personas que de manera desinteresada me brindaron su apoyo: Alejandra Sánchez, Erika Álvarez, Cristina Nancuqueo y Gabriela Briceño.

A mis amigos de carrera, en especial a mi amiga Mara Leiva por todos los buenos momentos compartidos y amistad brindada.

Y a todos los que en su momento estuvieron junto a mí.

Natacha Bergel Santibáñez



## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
INDICE	i
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE ANEXO	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xv
<b>1.- INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>2.- MATERIALES Y METODO</b>	<b>23</b>
<b>2.1.- Área de estudio</b>	<b>23</b>
2.1.1.- Descripción de la cuenca	23
2.1.2.- Clima	24
2.1.3.- Suelos	24
2.1.4.- Vegetación	24
<b>2.2.- Método</b>	<b>27</b>
2.2.1.- Definición área de estudio	27
2.2.2.- Recopilación de información temática y área de estudio	27
2.2.3.- Determinación de parámetros físicos	28
2.2.3.1.- Perímetro y largo del cauce principal	29
2.2.3.2.- Coeficiente de Gravelius	29

2.2.3.3.- Densidad de drenaje	30
2.2.3.4.- Curva hipsométrica	30
2.2.4.- Determinación de parámetros relativos a la red hidrográfica	31
2.2.4.1.- Pendiente del cauce principal	31
2.2.4.2.- Tiempo de concentración	31
<b>2.3.- Pluviometría y temperatura media mensual</b>	<b>32</b>
<b>2.4.- Caudales medios</b>	<b>32</b>
<b>2.5.- División predial</b>	<b>32</b>
<b>2.6.- Metodología de encuesta</b>	<b>33</b>
2.6.1.- Metodología empleada	33
2.6.2.- Aplicación de la encuesta en terreno	35
2.6.3.- Criterios de la encuesta	36
<b>2.7.- Análisis encuesta</b>	<b>36</b>
2.7.1.- Determinación de cargas de pesticidas	36
2.7.2.- Determinación de dosis total de fertilizantes	36
2.7.3.- Manejo de pesticidas	37
<b>2.8.- Definición de la afinidad ambiental de los pesticidas en el ambiente</b>	<b>37</b>
2.8.1.- Modelo de Fugacidad	37
2.8.2.- Formulas para el calculo de las propiedades del medio ambiente mas relevantes expresadas en $m^3$ para la aplicación del modelo de fugacidad nivel I.	38
<b>2.9.- Evaluación del riesgo de los pesticidas</b>	<b>40</b>
2.9.1.- Definición de los pesticidas a monitorear	40
2.9.2.- Metodología de muestreo	40

<b>3.- RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>3.1.- Área de estudio</b>	<b>43</b>
3.1.1.- Parámetros de la cuenca	43
3.1.1.1.- Parámetros físicos	43
3.1.1.1.1.- Curva hipsométrica	43
3.1.1.2.- Parámetros relativos a la red hidrográfica	44
<b>3.2.- Datos climáticos de la cuenca</b>	<b>45</b>
3.2.1.- Pluviometría y temperatura media mensual	45
3.2.2.- Caudal	46
<b>3.3.- Caracterización predial</b>	<b>47</b>
<b>3.4.- Aplicación de la metodología de la encuesta</b>	<b>47</b>
<b>3.5.- Suelo</b>	<b>48</b>
3.5.1.- Tipo de serie	48
3.5.2.- Capacidad de uso de suelo	48
3.5.3.- Uso de suelo	49
3.5.4.- Tipo de cultivo	51
<b>3.6.- Uso de pesticidas</b>	<b>52</b>
3.6.1.- Aspectos generales	52
3.6.2.- Distribución de los pesticidas por número de predios	52
3.6.3.- Frecuencia de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca	55
3.6.4.- Época de aplicación de los pesticidas a los cultivos	57
3.6.5.- Clasificación de los pesticidas empleados en la muestra predial	59

3.6.6.- Dosis de aplicación de pesticidas según la encuesta aplicada a la muestra predial y lo recomendado por AFIPA.	60
3.6.7.- Promedio de aplicación de pesticidas según su ingrediente activo por tipo de cultivo y hectáreas en la muestra predial	63
<b>3.7.- Carga de pesticidas</b>	<b>65</b>
3.7.1.- Carga total de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca	65
3.7.2.- Sumatoria de cargas aportadas por cada cultivo dentro de la muestra predial de la cuenca	67
3.7.3.- Carga total de la cuenca por ingrediente activo	67
<b>3.8.- Fertilizantes</b>	<b>68</b>
3.8.1.- Época de aplicación de los fertilizantes más empleados a los cultivos de la muestra predial de la cuenca	70
3.8.2.- Carga total de fertilizantes aplicados a la muestra predial de acuerdo al tipo y la superficie de cultivo	71
3.8.3.- Sumatoria de los fertilizantes	73
3.8.4.- Carga de fertilizantes aplicada a la cuenca	74
<b>3.9.- Manejo de pesticidas</b>	<b>75</b>
3.9.1.- Forma de aplicación de los pesticidas	75
3.9.2.- Tipo de almacenaje	76
3.9.3.- Eliminación de recipientes de pesticidas	76
3.9.4.- Tipo de asesoramiento en la aplicación de los pesticidas	76
3.9.5.- Época de aplicación de los pesticidas	77

3.9.6.- Grado de conocimientos que manejan los productores agrícolas de la cuenca de los productos químicos que utilizan	77
3.9.7.- Uso de pesticidas prohibidos (DDT)	78
3.9.8.- Medida de acción ante un pesticida dañino para la vida humana y el medio ambiente	78
<b>3.10.- Afinidad ambiental de los pesticidas</b>	<b>78</b>
3.10.1.- Características físico – químicas	78
3.10.2.- Distribución de los pesticidas en el ambiente	79
3.10.2.1.- El comportamiento teórico	79
<b>3.11.- Evaluación de los pesticidas para la aplicación de monitoreo</b>	<b>81</b>
3.11.1.- Pesticidas seleccionados para el muestreo	85
3.11.2.- Puntos de muestreo	85
3.11.3.- Periodo de muestreo	89
<b>4.- DISCUSION</b>	<b>91</b>
<b>5.- CONCLUSIONES</b>	<b>121</b>
<b>6.- BIBLIOGRAFIA</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>129</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Diagrama secuencial en la producción de un cultivo.	2
<b>Figura 2.-</b> Enfoque general para la evaluación del riesgo ambiental.	17
<b>Figura 3.-</b> Fotografía con deforestación de la vegetación a orillas del cauce.	25
<b>Figura 4.-</b> Mapa área de estudio.	26
<b>Figura 5.-</b> Grafico curva hipsométrica de la cuenca.	44
<b>Figura 6.-</b> Grafico pluviometría media.	45
<b>Figura 7.-</b> Grafico temperaturas medias mensuales.	46
<b>Figura 8.-</b> Grafico caudales medios.	46
<b>Figura 9.-</b> Fotografía predio con cultivo de trigo.	49
<b>Figura 10.-</b> Mapa uso del suelo de la cuenca.	50
<b>Figura 11.-</b> Fotografía curso de agua de la cuenca del Estero Peupeu.	85
<b>Figura 12.-</b> Mapa división predial con seis puntos de muestreo.	87
<b>Figura 13.-</b> Mapa división predial con tres puntos de muestreo.	88

## INDICE DE TABLAS

<b>1.-Tabla I.-</b> Clasificación de pesticidas.	5
<b>2.-Tabla II.-</b> Clasificación dosis letal media (LD50) por vía oral o dérmica en las ratas.	6
<b>3.-Tabla III.-</b> Construcción del índice para la formulación del THP (toxicidad, peligro y persistencia) según OECD.	7
<b>4.-Tabla IV.-</b> Movimiento de los plaguicidas en el ambiente.	11
<b>5.-Tabla V.-</b> Concentraciones máximas permisibles de pesticidas en el agua destinada para consumo humano.	13
<b>6.-Tabla VI.-</b> Concentraciones máximas permisibles de pesticidas en el agua destinada a uso de vida acuática.	14
<b>7.-Tabla VII.-</b> Clasificación de cuencas de acuerdo a su forma.	30
<b>8.-Tabla VIII.-</b> Valores para el cálculo de las propiedades de medio ambiente de la zona de estudio para la aplicación del modelo de fugacidad nivel I.	38
<b>9.-Tabla IX.-</b> Asignación de valores a los parámetros para la evaluación de los pesticidas.	41
<b>10.-Tabla X.-</b> Parámetros físicos de la cuenca.	43
<b>11.-Tabla XI.-</b> Tipo de morfología de la cuenca.	43
<b>12.-Tabla XII.-</b> Parámetros de la red hidrográfica.	44
<b>13.-Tabla XIII.-</b> Tamaño de muestra por estrato.	47
<b>14.-Tabla XIV.-</b> Distribución de la superficie de la muestra predial de la cuenca por tipo de cultivo.	51

<b>15.-Tabla XV.-</b> Características generales de los pesticidas empleados en la cuenca.	53
<b>16.-Tabla XVI.-</b> Distribución de los pesticidas por número de predios de la muestra predial de la cuenca.	55
<b>17.-Tabla XVII.-</b> Frecuencia de pesticidas por tipo de cultivo de la muestra predial de la cuenca.	56
<b>18.-Tabla XVIII.-</b> Mes de aplicación de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca.	57
<b>19.-Tabla XIX.-</b> Clasificación de los pesticidas según el destino de aplicación.	59
<b>20.-Tabla XX.-</b> Dosis de aplicación de pesticidas: Encuestas a predios v/s AFIPA.	61
<b>21.-Tabla XXI.-</b> Promedio de aplicación de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca.	63
<b>22.-Tabla XXII.-</b> Carga total de aplicación de pesticidas por tipo de cultivos para la muestra predial de la cuenca.	65
<b>23.-Tabla XXIII.-</b> Sumatoria de los pesticidas aportados a cada cultivo de la muestra predial de la cuenca..	67
<b>24.-Tabla XXIV.-</b> Carga total empleada a la cuenca por ingrediente activo.	68
<b>25.-Tabla XXV.-</b> Distribución de los fertilizantes por número de predios de acuerdo a lo obtenido de la muestra predial de la cuenca.	69
<b>25.-Tabla XXVI.-</b> Resumen de la aplicación de fertilizantes por número de predios de la muestra predial de la cuenca.	70

<b>26.-Tabla XXVII.-</b> Mes de aplicación de los fertilizantes más usados por tipo de cultivo de la muestra predial.	71
<b>27.-Tabla XXVIII.-</b> Carga total de fertilizantes empleados en la muestra predial de la cuenca aplicado por tipo y superficie de cultivo.	72
<b>28.- Tabla XXIX.-</b> Sumatoria de los fertilizantes aportados a cada cultivo de la muestra predial de la cuenca.	73
<b>29.- Tabla XXX.-</b> Carga total de fertilizante empleado en la muestra predial de la cuenca y la carga total de la cuenca.	74
<b>30.- Tabla XXXI.-</b> Propiedades físico – químicas de los pesticidas empleados en la cuenca.	79
<b>31.- Tabla XXXII.-</b> Distribución de los pesticidas en el ambiente de acuerdo al modelo de fugacidad nivel I con valores estándares.	80
<b>32.- Tabla XXXIII.-</b> Distribución de los pesticidas en el ambiente de acuerdo al modelo de fugacidad nivel I considerando algunas propiedades reales relevantes del medio ambiente.	81
<b>33.- Tabla XXXIV.-</b> Persistencia y toxicidad de los pesticidas.	82
<b>34.- Tabla XXXV.-</b> Matriz de evaluación del riesgo ambiental de cada pesticida considerando valores estándares para el modelo de fugacidad	83
<b>35.- Tabla XXXVI.-</b> Matriz de evaluación del riesgo ambiental de cada pesticida considerando propiedades ambientales reales al aplicar el modelo de fugacidad.	84

<b>36.- Tabla XXXVII.-</b> Primera alternativa de los puntos de muestreo.	89
<b>37.- Tabla XXXVIII.-</b> Segunda alternativa de los puntos de muestreo.	89
<b>38.- Tabla XXXIX.-</b> Periodo recomendado para muestreo.	90

## ANEXO

<b>Anexo 1.</b> Series de suelos.	129
<b>Anexo 2.</b> Capacidad de uso de los suelos en la cuenca del Estero Peupeu.	132
<b>Anexo 3.-</b> Formato de la encuesta aplicada a los propietarios de la cuenca.	134

## RESUMEN

La Cuenca del Estero Peupeu, localizada en la comuna de Lautaro IX Región, presenta un uso de suelo mayoritariamente agrícola (95%) con predominio de siembras de trigo, para lo cual se utiliza habitualmente pesticidas y fertilizantes como una medida de combatir las plagas y obtener un buen rendimiento de los cultivos.

La constante aplicación principalmente de herbicidas de marcas comerciales como Rango, Roundup y Mcpa y fertilizantes como la Urea y Cal, podrían ser aportes continuos a los cursos de agua aledaños del sector, donde los eventos de precipitación y la escasa vegetación arbórea favorecerían el escurrimiento.

Como el agua es un recurso con un alto riesgo de contaminación y esta continuamente expuesta a la llegada de estas sustancias, se propuso determinar cuales son aquellos pesticidas que están siendo empleados dentro de la producción agrícola y las plantaciones forestales de la cuenca, mediante una encuesta predial, para estimar el destino ambiental que presentan cada uno de estos productos químicos en los diferentes compartimentos medio ambientales (suelo, agua, aire, sedimento, sólidos suspendidos y biomasa acuática) y de esta manera corroborar o descartar la presencia de estos productos químicos en los cursos de agua.

Para este propósito se empleo el modelo de fugacidad nivel I propuesto por Mackay & Paterson (1981), considerando valores establecidas por el modelo y algunas propiedades ambientales del sector. El modelo requiere de las características físico químicas de los pesticidas utilizados en la cuenca (peso molecular, presión de vapor, temperatura y punto de fusión) y de las cargas empleadas para cada pesticida.

Al aplicar el modelo de fugacidad nivel I, considerando valores estándares establecidos por el modelo, se pudo establecer la presencia de un alto porcentaje de pesticidas en el agua (50 – 100 %), lo que demuestra la alta fugacidad de los pesticidas por dicho compartimiento medio ambiental. Sin embargo al aplicar el modelo considerando algunas propiedades ambientales de la cuenca, se encontró una fugacidad similar hacia el compartimiento agua.

La carga total para cada pesticida se obtuvo de la sumatoria de las cargas aportadas en las aplicaciones por hectáreas de pesticidas de acuerdo al tipo de cultivo agrícola, obteniéndose una carga total para la cuenca de 17.155,33 Kg para un total de 15.586 ha con un total de 1,10 Kg/ha.

Posteriormente considerando la carga aportada sobre la cuenca junto con otras propiedades (persistencia, toxicidad, porcentaje de partición en el agua de acuerdo a lo entregado por el modelo de fugacidad y el número de personas que aplicaron productos dentro de la muestra predial), se generó una matriz para valorar el riesgo que genera cada pesticida para el medio ambiente y el ser humano.

Los pesticidas considerados de mayor riesgo asociado a los más altos puntajes obtenidos de la matriz, la toxicidad y la mayor fuga hacia el recurso agua fueron el Glifosato, Mcpa y Carbendazim y propuestos en segunda instancia el Azinfos metil, Clodinafop propargil, Picloram y 2,4 D.

Los pesticidas fueron finalmente propuestos para ser sometidos a un seguimiento por medio de la aplicación de monitoreos a las aguas superficiales de la cuenca, considerando época de aplicación, meses con mayor precipitación y persistencia en el ambiente.

Con los resultados obtenidos en este estudio se busca poder predecir escenarios futuros y formular estrategias de mejoramiento ambiental no solo en la cuenca en estudio sino que a nivel de cuencas hidrográficas de la zona sur de Chile. Se pretende contribuir a un mejor conocimiento de los efectos que acontecen dentro de las actividades de las explotaciones agrícolas – forestales y buscar formas de enfrentar y solucionar los problemas mediante una buena gestión de los recursos en el transcurso de un plazo menor.

## ABSTRACT

In basin of stream Peupeu located in the Municipality of Lautaro IX Region, in which the use of soil is mainly agricultural (95%) with a wheat seeding predominance, usually uses pesticides and fertilizers as a measure to fight the pests and to obtain a good crop output.

The constant application of herbicides of marks commercials as Rango, Roundup and Mcpa and fertilizers as Urea and Cal by the agricultural owners could constantly been generating residues, which favored by precipitation events and poorly tree vegetation in the sector make this products drip to the outskirts water courses of the area.

As the water is a resource with a high risk of contamination and constantly exposed to get these substances, it was proposed to determine which are those pesticides into the agricultural production and forest planting that are being used, and also to corroborate or dismiss the presence of these chemical products in the water courses. This was by means of a land survey to stimulate the environmental fate that presents each of the chemical products in the different environmental compartments (soil, water, air, sediment, solid suspended and water biomass).

To this purpose was used The Level I Fugacity Model proposed by Mackay & Paterson (1981), in which standard values and some environmental properties of the sector were considered. The model requires besides physicochemical characteristics of the pesticides used in the basin (molecular weight, vapor pressure, temperature and melting point), and the charges used to each pesticide.

When applying The Level I Fugacity Model, considering standard values, was able to establish the presence of a high percent of pesticides in the water (50 – 100%) which

proves the high fugacity of pesticides in that environmental compartment. However, when applying the model considering some environmental properties, was similar the fugacity to the water compartment (50 – 100%) .

The total charge to each pesticide was obtained by adding the charges provided in the application of pesticides by hectare, according to the agricultural crop type, obtaining a total charge to the basin of 17,0155.33 kg to a whole of 15,586 ha with a final total of 1,10 kg/ha.

Subsequently, considering the charge provided over the basin with some other properties (persistence, toxicity, water division percentage according to what was given by the fugacity model and the number of people in the land survey who applied those products) was generated a matrix to value the risk that each pesticide causes to the environment and the human beings.

Pesticides considered with a high risk associated to the highest scores in the matrix were: glyphosate, Mcpa and Carbendazim; and in second place were proposed: Azinphos methyl, Clodinafop propargyl, Picloram and 2,4 D.

Pesticides were finally proposed to be submitted to a pursuit by means of monitoring the surface waters of the basin, considering: application time, months with highest precipitation and also environment persistence.

With the obtained results of this research it is looked for been able to predict future scenarios and formulate environmental improvement strategies, not only in the studied basin but also in other hydrographical basins in the South of Chile.

It is pretended contribute to a better knowledge of the effects that happens inside of the forest-agricultural exploitation activities, and to look for forms to face and solve problems by means of a good management of the resources in a smaller period.

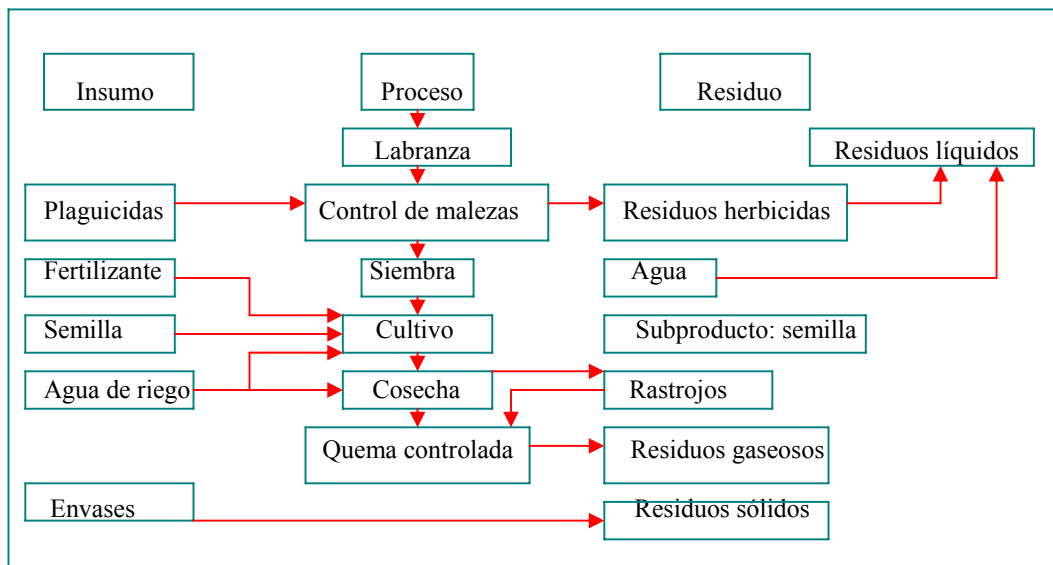
## 1.- INTRODUCCION

La amenaza de una segunda guerra mundial y la necesidad de producir más alimentos hizo que la producción de sustancias para combatir plagas y la investigación para la industria bélica se intensificaran. El uso de los plaguicidas, definido por Navarro *et al.*, (1992), como agentes químicos para proteger los cultivos en la agricultura, correspondería a lo que hoy se llama uso pacífico de las armas químicas (Rozas, 1995).

El primer plaguicida químico que apareció en los mercados es el DDT (dicloro difenil tricloroetano) perteneciente al grupo de los organoclorados. Aunque ya había sido sintetizado a fines del siglo pasado, desde 1939 lo fabrica la empresa suiza Geigy, quién descubre sus propiedades insecticidas desarrollándolo a gran escala en Estados Unidos e Inglaterra. Inicialmente, el uso del DDT trae consigo una verdadera revolución en las técnicas de control de plagas, debido a que no es caro, de amplio espectro y muy efectivo en el corto y mediano plazo (Turk *et al.*, 1984; Rozas *op cit.*). La promesa de aniquilación de todos los insectos plagas permaneció solo 30 años, poco a poco fue perdiendo eficacia para ser finalmente prohibida su venta y transporte en el año 1973 en los EEUU (Turk, *op cit.*). El éxito del DDT incitó a los químicos orgánicos a realizar mayores esfuerzos; y pronto se comercializaron otros compuestos clorados orgánicos letales como: Lindano, Dieldrin y Clordano a los cuales se suman otros insecticidas sintéticos de mayor efectividad, los organofosforados, como el Paratión y Malatión. El descubrimiento de estos nuevos pesticidas organoclorados y organofosforados en aquella época, reemplaza la palabra control por erradicación convirtiendo el uso de los pesticidas en algo automático, no asociándolo con daño alguno real o potencial (Dethier, 1980). Con el uso y el abuso de estos venenos los científicos comprobaron que no solo

matan la plaga para lo que fueron previstos. También se generan residuos como producto de los cultivos que afectan no solo al medio ambiente, sino que a muchos otros seres vivos (Figura 1) (Wais *et al.*, 1997).

**Figura 1.-** Diagrama secuencial en la producción de un cultivo.



Fuente: INIA (1999)

Turk *et al.*, (1984), señala que el empleo de rociados no selectivos ha conducido a menudo a la destrucción de los controladores naturales, generando así que la plaga pueda prosperar en una cantidad mucho mayor a la inicial. Además con la frecuente aplicación de los pesticidas las plagas han ido desarrollando cada vez más una resistencia a los venenos, lo que se aprecia en las siguientes generaciones futuras, por lo que para combatir las se precisan cada vez dosis letales más elevadas (Wais, *op cit.*).

Algunos intentos para cambiar los pesticidas no han hecho más que crear cepas de insectos resistentes a más de una sustancia química. El problema mayor surge si la plaga

se vuelve resistente y los diversos depredadores no lo hacen otorgándole una nueva ventaja a la plaga la cual puede proliferar (Turk *et al.*, 1984).

Los pesticidas se preparan deliberadamente para ser tóxicos frente a determinados organismos, siendo esta la razón de su utilidad comercial. Producto del proceso de fabricación los plaguicidas adquieren diversas impurezas o subproductos no deseados entre otros dioxinas, sustancias altamente tóxicas. Se puede mencionar como ejemplo las formulaciones de pentaclorofenol, que presenta contaminantes como dibenzofuranos a los derivados clorados inmunotóxicos del dibenzo – p – dioxinas (Rozas, 1995). Los plaguicidas se pueden agrupar de acuerdo a su uso como: insecticidas (insectos, arañas), roenticidas (roedores), fungicidas (hongos), molusquicidas, (moluscos, caracoles, babosas), herbicidas (malezas), nematicida (gusanos nematodos).

Los pesticidas también se pueden clasificar según su estructura química en organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides, organo bromados, ácidos fenoxiacéticos, bupiridilos, triazínicos derivados, fosfaminas y fenoles halogenados. Los organoclorados son insecticidas de amplio espectro, lenta metabolización y mediana toxicidad aguda. Presentan alta persistencia en el ambiente, acumulándose en el suelo y las napas subterráneas. Tienen un bajo costo y se caracterizan por tener cloro en su molécula, una estructura cíclica y ser liposolubles, propiedad que le permite introducirse y depositarse en los tejidos grasos de los organismos de los seres vivos a través de la cadena alimentaria. Componen este grupo el DDT y sus derivados (Campos *et al.*, 1987; Ortega *et al.*, 1994; Rozas, *op cit.*).

Los organofosforados son fundamentalmente ésteres del ácido fosforico. Se descomponen con mayor facilidad y son menos persistentes en el ambiente, pero más peligrosos debido a que tienen un alto grado de toxicidad como el Parathión, Monocron, Suprathión. Son biodegradables y no se acumulan en el organismo. Los carbamatos son ésteres del ácido carbámico y su persistencia y toxicidad en el ambiente es intermedia entre los dos anteriores. Los piretroides son sintetizados de piretro y afectan los procesos hormonales de los animales. No se acumulan en el organismo y no persisten en el ambiente, algunos de ellos son Permetrina y Cipermetrina. Los órgano bromados son compuestos tóxicos de alto riesgo. Los ácidos fenoxiacéticos son herbicidas extremadamente tóxicos como es el caso del 2,4 D. Los bupiridilos son compuestos de amonio cuaternario, muy peligrosos y tóxicos como el Paraquat y Diquat (Rozas, 1995). El desarrollo de los pesticidas ha permitido la producción y puesta en venta de una gran variedad de compuestos, lo que ha llevado a clasificarlos bajo diferentes criterios, entre los que se encuentran los criterios según el grado de toxicidad y grupo químico (Tabla I). La toxicidad de los pesticidas corresponde a la capacidad inherente de este para producir daño en un organismo y provocar su muerte, la que puede manifestarse en forma aguda o crónica. La aguda corresponde al grado de intoxicación después de una exposición y la crónica a la intoxicación después de sucesivas intoxicaciones, considerando el efecto acumulativo que pueda tener el plaguicida en el organismo.

**Tabla I.-** Clasificación de pesticidas.

<b>Clasificación</b>	<b>Grupo Químico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organoclorados</li> <li>Órgano fosforado</li> <li>Carbamatos</li> <li>Piretroides</li> <li>Clorofenoxiáceticos</li> </ul>
	<b>Toxicidad</b>	<p><b>DL 50</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Extremadamente tóxicos menor que 5mg/kg.</li> <li>Altamente tóxicos de 5 a 50 mg/kg.</li> <li>Medianamente tóxicos de 50 a 500 mg/kg.</li> <li>Poco tóxicos de 500 a 5000 mg/kg.</li> <li>Prácticamente no tóxicos mayor 5000 mg/kg.</li> </ul>
	<b>Acción Preferente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herbicidas</li> <li>Fungicidas</li> <li>Nematicidas</li> <li>Insecticidas, etc.</li> </ul>
	<b>Mecanismo De acción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contacto</li> <li>Ingestión</li> <li>Ingestión y contacto</li> <li>Sistemicos y Fumigantes</li> </ul>
	<b>Destino de Aplicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fitosanitario</li> <li>Ganadero</li> <li>Industria alimentaria</li> <li>Agrícola</li> <li>Forestal, etc.</li> </ul>

Fuente: Olave (2001)

Uno de los métodos para expresar la toxicidad, es la dosis letal media ( $DL_{50}$ ), es decir la dosis necesaria para matar el 50% de una población de prueba constituida por ratas o conejos, la que se expresa en miligramos de ingrediente activo por kilo de peso vivo del animal, así se puede hacer una estimación de la dosis letal media para el ser humano.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha recomendado, sujeta a actualizaciones periódicas, una clasificación según su peligrosidad, entendiendo ésta como su capacidad de producir daño agudo a la salud cuando se da una o múltiples exposiciones en un tiempo relativamente corto. Esta clasificación se basa en la dosis letal media (DL<sub>50</sub>) aguda, por vía oral o dérmica de las ratas. Sin embargo; un producto con una baja dosis letal media (DL<sub>50</sub>) puede causar efectos crónicos por exposición prolongada (Tabla II).

**Tabla II.-** Clasificación dosis letal media (DL<sub>50</sub>) por vía oral o dérmica en las ratas.

Clase	Oral (mg/Kg)		Dermica (mg/Kg)	
	Solidos *	Liquidos *	Solidos *	Liquidos *
Ia Extremadamente peligroso	5 - <	20 - <	10 - <	40 - <
Ib Altamente peligroso	5 - 50	20-200	10 - 100	40 - 400
II Moderadamente peligroso	50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
III Ligeramente Peligroso	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

\*Estado físico del ingrediente o formulación que se clasifica.

Fuente: ODEPA – SAG – RPC, 1999.

Por otra parte Vismara (1988), recomienda el uso del índice para la formulación del THP (toxicidad, peligro y persistencia), puesto que utiliza una escala estándar en la cual considera la toxicidad humana y acuática (Tabla III).

**Tabla III.-** Construcción del índice para la formulación del THP (toxicidad, peligro y persistencia) según OECD.

Limite inferior de concentración que presenta efectos nocivos ambiente acuático (g/L)	Toxicidad acuática	LD <sub>50</sub> (g/Kg) Oral Humana	Toxicidad humana <sup>(a)</sup>	Cantidad total para el hombre (65 Kg)	Máximo valor t <sub>1/2</sub>	Persistencia Acuática <sup>(b)</sup>
1	0 no peligroso	1	0	65g	1	0
10 <sup>-1</sup>	1 prácticamente no tóxico	10 <sup>-1</sup>	1	6.5g	10	1
10 <sup>-2</sup>	2 débilmente tóxico	10 <sup>-2</sup>	2	650mg	100	2
10 <sup>-3</sup>	3 tóxico	10 <sup>-3</sup>	3	65mg	1000	3
10 <sup>-4</sup>	4 muy tóxico	10 <sup>-4</sup>	4	6.5mg		
10 <sup>-5</sup>	5 muy tóxico	10 <sup>-5</sup>	5	650μg		
10 <sup>-6</sup>	6 muy tóxico	10 <sup>-6</sup>	6	65μg		
10 <sup>-7</sup>	7 muy tóxico	10 <sup>-7</sup>	7	6.5μ		

(a) cancerígeno, (b) bioacumulación  
Fuente: Vismara (1988).

Al existir cierta homogeneidad entre todas las formas de vida, puede ocurrir la ingestión accidental de plaguicidas por parte de los seres humanos pudiendo generar efectos tóxicos y riesgos para la salud (Navarro *et al.*, 1992). Por otra parte numerosos accidentes así como estudios de laboratorio en animales y vigilancias epidemiológicas realizadas en diversos países, han mostrado que una gran cantidad de plaguicidas tienen entre otros, efectos cancerígenos, tumorígenos, teratogénicos, fetotóxicos y mutagénicos. Por esta razón, después de algunos años de uso, muchos de ellos han sido prohibidos y restringidos en diversos países. Especial prohibición a recaído sobre el uso de compuestos organoclorados, por presentar alta persistencia en el ambiente, gran

capacidad de contaminar cadenas tróficas y causar grave contaminación en suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas, daño a la vida silvestre, fauna, aves, peces y la reducción de una importante población de insectos, controladores de plagas y otros organismos benéficos indispensable para el equilibrio de los ecosistemas (Rozas, 1995). Ortega *et al.* (1994), señala que además de al hombre, los pesticidas pueden afectar a todos los seres vivos y que la entrada de energía y materiales cualitativa o cuantitativamente no habituales en los ecosistemas puede repercutir sobre los seres vivos alterando las relaciones interespecíficas, modificando las abundancias relativas de las especies o simplemente provocando la desaparición y sustitución de las originales. Turk *et al.*, (1984), sostiene que los efectos que altas concentraciones de pesticidas causan en los peces y las aves carnívoros han sido particularmente graves. Algunas veces los animales mueren poco después de la aplicación del pesticida. Otras, las dosis subletales afectan a su actividad normal o su reproducción, lo que se traduce ya sea en una muerte retardada de la población o en una disminución de ésta.

Los efectos sobre la vida silvestre y el daño en la salud de las personas determinaron la prohibición de importación y fabricación de una serie de productos, además con la revolución verde las armas fundamentales son los fertilizantes no orgánicos, los que teóricamente aseguraban superar cualquier limitante de nutrientes (SAG, 2002).

El sistema de monocultivo y la no rotación de cosechas generan consecuencias importantes para los suelos, los cuales el hombre ha resuelto a través de la aplicación de fertilizantes químicos y plaguicidas logrando una producción mayor en corto plazo, pero a expensas de la estructura del suelo, la biodiversidad y la pureza del ambiente (Rozas, 1995).

Los fertilizantes químicos o compuestos nitrogenados, usados para aumentar la productividad agrícola, también provoca grave contaminación de los suelos y de las aguas. Cuando estos se depositan en el suelo son arrastrados por las lluvias a los cauces fluviales y a los embalses, proporcionando grandes cantidades de nutrientes que incrementan el crecimiento de algas y plantas marinas (Rozas, *op cit.*). En áreas de agricultura intensiva el agua es uno de los recursos que presenta un alto riesgo de contaminación por pesticidas debido a que se encuentra continuamente expuesto a la llegada de estas sustancias. Ortega *et al.*, (1994), señala que los residuos se incorporan a los acuíferos y a las aguas superficiales por ir disueltos o en suspensión en las aguas de retorno utilizadas en los regadíos o por las precipitaciones en las tierras de secano.

El tipo de contaminación al recurso agua que genera el uso de los pesticidas en la agricultura es conocida como fuente no puntual o difusa, pero la contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir tanto por fuentes no puntuales como por fuentes puntuales. La contaminación difusa corresponde a las aguas de lluvia que se mueven sobre y a través del suelo transportando contaminantes. Los principales contaminantes asociados a la contaminación difusa son los nutrientes, plaguicidas,

compuestos orgánicos, sedimentos, metales, salinidad y patógenos (Izurieta, 2001; Téllez, 2002).

Junto con el empleo de pesticidas el hombre ha utilizado el recurso agua como fuente de regadío y subsistencia. En sus diversos usos, el agua funciona por lo general como medio de transporte. Sus propiedades especiales de disolvente la hacen muy útil como medio de transportación en los procesos bioquímicos y químicos, así como en los mecanismos de limpieza (Strobbe, 1973).

Los plaguicidas que quedan en los suelos, en estado libre combinado o absorbido, pueden afectar las propiedades químicas del suelo y el equilibrio de sus poblaciones. La degradación en el suelo puede ser biológica, química o fotoquímica. Sin embargo, la degradación puede presentar diversos problemas como: resistencia a la degradación biológica, así ocurre con los organoclorados que mantiene su actividad por largo tiempo, o puede ser incompleta y sus metabolitos persistir en el ambiente. También pueden existir factores ambientales o interacciones que obstaculicen la descomposición de tóxicos biodegradables.

Los plaguicidas cambian las propiedades químicas del suelo, debido a que los residuos de los elementos químicos que contienen se acumulan y pueden causar diversas alteraciones. Es así como la descomposición de plaguicidas que contienen nitrógeno, cloro, bromo y azufre puede conducir, directa o indirectamente a la formación de ácidos, que reaccionen con carbonatos u otros minerales del suelo para formar sales (Rozas, 1995). Existen varios procesos por los cuales los pesticidas se mueven por el ambiente (Tabla IV). En el suelo los procesos que existen son la adsorción, la difusión, la lixiviación, y la penetración (Navarro *et al.*, 1992). Ortega *et al.*, (1994), señala que la

transferencia de las sustancias contaminantes del suelo se efectúa a la atmósfera, mediante fenómenos de evapotranspiración, al agua subterránea por infiltración de lixiviados, al agua superficial por escorrentía y a las plantas por incorporación a través de las raíces o por adsorción.

**Tabla IV.-** Movimiento de los pesticidas en el ambiente.

<b>Componente ambiental</b>	<b>Procesos</b>	<b>Factores</b>
Suelo	Adsorción	Coefficiente Octanol – agua plaguicida, coeficiente adsorción del Suelo.
	Difusión	Temperatura ambiente, P° vapor plaguicida humedad relativa.
	Lixiviación	Precipitaciones Solubilidad coeficiente partición plaguicida, pendiente sector, Coeficiente adsorción
Vegetación	Absorción	Tipo de cultivo, propiedades físico – químicas del plaguicida, tipo de suelo, condiciones climáticas, grado de contaminación.
Aire	Evaporación	Superficie suelo, presión vapor plaguicida

Fuente: Olave (2001)

Respecto a la contaminación de aguas, análisis realizados en diferentes partes del mundo han concluido que gran parte de los plaguicidas, herbicidas y fertilizantes usados en los campos han sido encontrados finalmente en los cursos de agua superficiales y en las napas subterráneas. Es importante por consiguiente, conocer los procesos y los factores que condicionan la permanencia de estos compuestos químicos en el suelo, ya que algunos plaguicidas se eliminan fácilmente mientras que otros, permanecen o son parcialmente transformados, pudiendo pasar en algunos casos a otros sistemas, y estos son los que verdaderamente deben controlarse (Barra, 1993; Rozas, 1995).

A pesar de que la legislación no ha tenido un desarrollo paralelo al de los pesticidas, la legislación chilena establece a tres instituciones que tienen acciones de control y

fiscalización en el campo de los pesticidas, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el servicio de salud del ambiente (SSA) y el ministerio del trabajo. El decreto Ley N° 3557/80 de protección agrícola permite al SAG regular, restringir y prohibir la fabricación, importación, distribución, venta y aplicación de pesticidas. Sin embargo debido a que la manipulación de estos compuestos engendra un riesgo para la salud humana, el Director del Servicio de Salud se encuentra facultado para controlar y prohibir el expendio de plaguicidas, cuyo uso pueda dar origen a accidentes e intoxicaciones y decomisarlos si las circunstancias lo requieren. Por otra parte, debido a que el uso de estas sustancias involucra un riesgo mayor para los trabajadores que se dedican a la preparación, transporte y aplicación de pesticidas, el Ministerio del Trabajo según la ley N°16744 de 1968 sobre accidentes del trabajo y enfermedades, se encuentra facultado para fiscalizar el cumplimiento del artículo N° 184 del código del trabajo que obliga al empleador a tomar las medidas necesarias, para proteger eficazmente la vida y la salud de los trabajadores. Finalmente la comisión mixta existente desde 1982, tiene la misión de cautelar que el uso de agroquímicos no constituya un riesgo para la salud de las personas, de los ecosistemas, de la producción agrícola o mercados externos. Entre sus funciones esta la de proponer las prohibiciones y regulaciones para la importación, uso, comercialización y distribución de productos químicos empleados en la agricultura (Rozas, 1995; Olave, 2001).

El Estado de Chile ha implementado ciertas normas referidas a la contaminación de aguas por pesticidas. Con relación a los usos asignados a este recurso se acepta la noción de que un contaminante del agua es cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración limite impida los usos benéficos del agua (MOP, 1992).

Dentro de los usos del agua que son afectados por la presencia de pesticidas, se encuentran: agua destinada a uso potable y vida acuática. El agua destinada a uso potable, según la NCh 409/1 se establece para 13 tipos de pesticidas como el DDT, Heptaclor, 2,4 D, Clordano, Lindano, Metoxicloro, Hexaclorobenceno, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Fenoprop 2, 4, 5, Toxafeno y Heptaclor epóxido, con sus concentraciones máximas permisibles (Tabla V).

**Tabla V.-** Concentraciones máximas permisibles de pesticidas en el agua destinada para consumo humano.

Pesticidas	Chile ug/L (Nch 409/1)	O.M.S. ug/L	CEE ug/L	EPA ug/L	Canadá ug/lt
* DDT	1	—	0.1	Min. Exp.	0.03
* Heptaclor	0.1	—	0.1	Min. Exp.	0.03
* Heptaclor epóxido	0.1	—	0.1	—	0.03
2,4 D	100	—	0.1	—	0.1
* Clordano	0.3	—	0.1	Min. Exp.	0.007
* Lindano	3	—	0.1	0.004	0.004
* Metoxicloro	30	—	0.1	—	0.9
Hexaclorobenceno	0.01	—	0.1	—	—
* Aldrín	0.3	—	0.1	Min. Exp.	0.0007
* Dieldrín	0.03	—	0.1	Min. Exp.	0.0007
* Endrín	0.2	—	0.1	—	Sin req. numérico
Fenoprop ( 2,4,5 TP)	10	—	0.1	—	—
Toxafeno	5	—	0.1	—	Sin req. numérico

\* Actualmente prohibidos. Min.Exp: mínima exposición.

Fuente: INN (1994); Olave (2001).

La Norma Chilena 1333 of 08, fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológico, según el uso determinado. Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por la contaminación con residuos de cualquier tipo u origen. El vaciamiento de residuos contaminantes a masas o cursos de agua deberá ajustarse a los requerimientos de calidad

especificados para cada uso, teniendo en cuenta la capacidad de autopurificación y dilución del cuerpo receptor, de acuerdo a estudios que efectuó la autoridad competente en cada caso particular. Esta norma se aplica a usos: Agua para consumo humano, agua para la bebida de animales, riego, recreación y estética, vida acuática.

Con respecto a la calidad del agua para la vida acuática la NCh 1333 of. 78 establece los valores de los pesticidas (Tabla VI) y otros compuestos, a partir de un factor correspondiente a un determinado porcentaje del límite de tolerancia de la bioacumulación de estos en los organismos acuáticos, es decir a través de bioensayos de toxicidad los que actualmente no se encuentran estandarizados (INN, 1994).

**Tabla VI.-** Concentraciones máximas permisibles de pesticidas en el agua destinada a uso de vida acuática.

Pesticidas	Chile	EPA ug/lit	Canada
* Aldrín	LTm 96	0.03	0.0007
* Lindano	LTm 96	0.01	1E-5
Parathión	LTm 96	0	1E-5
* Dieldrín	LTm 96	0.03	0.0007
* Clordano	LTm 96	0.01	6E-6
* DDT	LTm 96	0.001	1E-6
Demetón	LTm 96	0.1	
* Heptaclor	LTm 96	0.001	1E-5

LTm 96: Límite máximo de sustancias tóxicas obtenidos a partir de bioensayos.

\* Actualmente prohibidos.

La constante preocupación por la salud humana y el medio ambiente ha llevado a diferentes ONGs, empresas privadas y organizaciones como la organización "Alianza por una Mejor Calidad de Vida/ Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de Chile (RAP-Chile) coordinado por la CONAMA a generar grupos de trabajo sobre los COPS (Convenio Internacional sobre Compuestos Orgánicos Persistentes) los cuales por

sus características intrínsecas son sustancias tóxicas, persistentes, capaces de recorrer grandes distancias. Se bioacumulan y contaminan las cadenas alimenticias hasta la leche materna. Traspasan la placenta afectando de esta manera a las futuras generaciones. Los daños comprobados a la salud que ocasionan los COPs incluyen el cáncer, graves alteraciones hormonales, efectos en el sistema reproductivo, neurológico e inmunológico.

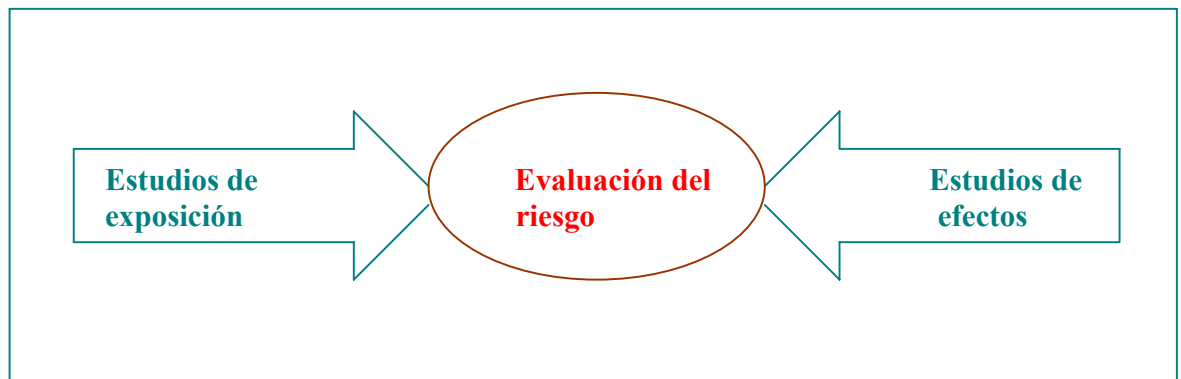
Desde que en Chile se adoptó el convenio de Estocolmo, 141 gobiernos han firmado este importante tratado y 8 países lo han ratificado. El Convenio Internacional sobre Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) es el resultado de años de negociación para obtener compromisos legales que permitan reducir y/o eliminar estos compuestos, siguiendo los acuerdos de la Cumbre de Río celebrada en 1992. Establece tomar medidas tendientes a la eliminación de 12 de estos compuestos, calificados como los más peligrosos para la salud. Ellos son: subproductos contaminantes fabricados no deliberadamente, las Dioxinas y Furanos; químicos industriales, PCBs y los pesticidas, DDT, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Clordano, Heptacloro, Mírex, Toxafeno y Hexaclorobenceno (OLCA, 2002).

Considerando los antecedentes mencionados Enríquez (2001), señala que es sumamente importante que se genere información que permita identificar los niveles de carga de pesticidas en el ambiente y predecir el riesgo ambiental causado por el uso de dichas sustancias.

El riesgo ambiental se ha definido como la probabilidad de ocurrencia de cierto nivel de impacto. También se le ha asociado frecuentemente con el concepto de peligro, lo que

ha llevado en este caso a definirlo como un medio de exposición al peligro. En otras ocasiones se ha considerado el riesgo como sinónimo de impacto, estableciendo que se hablara de impacto si los efectos adversos se dirigen al medio ambiente y la vida silvestre, y de riesgo si son dirigidos a la salud humana. A pesar de esta convención, se ha visto que tanto la valoración de la exposición a sustancias contaminantes, como la valoración de los efectos en el medio ambiente utilizan el concepto de riesgo, además debido a la gran dependencia del hombre con su entorno natural, es lícito aplicar el concepto de riesgo a ambos componentes. Por lo tanto, se definirá riesgo ambiental, como la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso frente a la exposición de factores estresantes causados por el hombre (EPA, 1998; Encina & Diaz, 2001; Moraes, 2002)

La valoración del riesgo se ha definido como un proceso de evaluación de la probabilidad de los efectos ecológicos adversos actuales y/o potenciales, como resultado de la exposición a uno o más factores estresantes producto de los cambios indeseables producidos por el hombre (EPA, *op cit.*) (Figura 2).



**Figura 2.-** Enfoque general para la evaluación de riesgo (Encina & Diaz, 2001).

La evaluación del riesgo por lo tanto se basa en la integración de dos elementos esenciales como la caracterización de la exposición y la caracterización de los efectos que derivan de esa exposición. La caracterización de la exposición se entiende como el contacto o co-ocurrencia entre él o los factores estresantes y el componente ambiental receptor o entidad ecológica (EPA, 1998; Encina & Diaz, 2001; Moraes, 2002). Esta información es derivada de datos representativos de monitoreos, pero por la poca disponibilidad de datos es más empleado la aplicación de modelos. Donde la categoría mejor desarrollada es la de los modelos que describen el transporte y la transformación de contaminantes específicos liberados al ambiente (PNUMA/IPCS, 1999). El modelo de fugacidad ha sido aplicado en varias situaciones relativas a contaminación por pesticidas y también para evaluar el riesgo de contaminación del ambiente acuático. Ellos permiten estimar la concentración ambiental, lo que da un índice de la evaluación de la exposición a una sustancia, al contrastar este valor con otro que de una indicación de los efectos, como por ejemplo el nivel de efecto no observado (NOEL) o cualquier índice toxicológico expresado como la concentración letal media (LC50) se obtendrá

una visión de los probables efectos que se producirían en un ambiente determinado (Barra, 1993).

La caracterización de los efectos corresponde a una identificación de los efectos ecológicos adversos causados por la capacidad inherente de una sustancia, seguido por la estimación de la concentración sin efecto (CSE), derivada de datos eco toxicológicos y la aplicación de un factor de valoración o seguridad encargado de predecir un nivel por encima del cual es probable que ocurra un efecto ambiental adverso (PNUMA/IPCS, *op cit.*). La estimación de los efectos se puede realizar por observaciones de campo o mediante ensayos eco toxicológicos, los cuales permiten establecer una relación causal entre las concentraciones ambientales y los efectos sobre las poblaciones y eventualmente extrapolar estos resultados hasta el nivel de comunidad y ecosistema (Encina & Diaz, 2001).

En áreas de agricultura intensiva el agua es el recurso que presenta un alto riesgo de contaminación por pesticidas donde su evaluación y corrección requiere de su detección, es decir la definición aproximada del tipo y destino ambiental de dichas sustancias. Una herramienta útil para la definición del comportamiento teórico de pesticidas en el ambiente, es el modelo de fugacidad propuesto por Mackay & Paterson (1981). Debido a la complejidad del ambiente, el modelo no pretende simular una situación real, sino obtener una visión general de los procesos de partición que sufre un pesticida en un ambiente evaluativo o unidad de mundo con dimensiones conocidas. En su nivel I el modelo considera un equilibrio en todos los compartimentos de la unidad de mundo y para su aplicación se requiere de algunas propiedades físico químicas básicas de la molécula que se investiga, tales como: Peso molecular, presión de vapor, solubilidad en agua, coeficiente octanol - agua y punto de fusión (Barra, 1993). La principal limitación

de este tipo de modelos, es su naturaleza termodinámica la cual no incluye ninguna cinética en los fenómenos de separación, sin embargo ha alcanzado una gran aplicabilidad en diversos estudios asociados a la contaminación por pesticidas sugiriendo su aplicabilidad en ambientes reales (Barra, 1993; Mackay, 2001).

Dentro del nivel I se han desarrollado modelos que requieren datos que reflejen las condiciones ambientales, los que asocian además eventos de precipitación que permiten predecir el comportamiento ambiental ante la ocurrencia de dicho fenómeno como los modelos de Agrifug y Soilfug. El soilfug es un modelo de fugacidad modificado, de manera tal que permite calcular una situación de estado no estacionario, típico del uso agrícola de los pesticidas (Diguardo *et al.*, 1994). El soilfug calcula la partición del químico aplicado y la cantidad de químico perdido mediante volatilización, reacción y fenómeno de escorrentía a diferentes tiempos, definidos por los eventos de precipitación. En particular, utiliza los datos disponibles para precipitación y agua que sale del sistema para el cálculo de la cantidad de químico perdido por escorrentía en cada evento de lluvia, siendo la cantidad de agua que sale desde la cuenca la utilizada para calcular la concentración del químico en el agua de salida (Barra, *op cit.*). La información obtenida al aplicar el modelo de fugacidad nivel I permitirá identificar a aquellos pesticidas que de acuerdo a su naturaleza química pueden difundir hasta los cursos de agua del Estero Peupeu pudiendo por medio de los monitoreos ambientales al estero hacer válido los resultados obtenidos del modelo y con ello afrontar la existencia de una problemática en el ambiente o simplemente descartarlo.

La creciente preocupación acerca de la sustentabilidad y los esquemas de crecimiento económico ilustra claramente la necesidad para el desarrollo e implementación de planes

de manejo de los recursos naturales; Es así como diferentes casos de estudio de contaminación realizados en la octava y novena región del país dan cuenta de la importancia que reviste una buena gestión sobre los recursos naturales. Estos trabajos son:

- **Desarrollo de una metodología para la evaluación y mitigación de la contaminación de aguas y suelos: Aplicación a la cuenca del Río Chillan.**

Se estima que, debido a la intensa actividad agropecuaria en la cuenca del río Chillan, la contaminación del recurso hídrico a través de la descarga directa e indirecta de residuos líquidos producidos por la actividad silbo agropecuaria puede significar un importante problema, que no solo afecta a la cuenca y su potencial agrícola sino que también a la salud de las personas y el ecosistema. La contaminación en forma de nutrientes, material fecal, fertilizantes, plaguicidas, sedimentos y compuestos químicos tóxicos, es generada, tanto desde fuentes puntuales como difusas, y transportada en la cuenca a través de un complejo sistema de flujos (Centro EULA, 2002).

Se están desarrollando metodologías que permitan por una parte, la evaluación del estado de salud ambiental de una cuenca agropecuaria, cuenca del río Chillan, y por otra, la predicción de escenarios futuros a través del uso de modelos matemáticos para ser utilizados en la formulación de estrategias de mejoramiento ambiental a nivel de cuencas hidrográficas (Centro EULA, *op cit.*).

- **Propuesta de monitoreo de plaguicidas en la subcuenca del río Traiguén.**

En este estudio, se propuso una estrategia de monitoreo de plaguicidas en la subcuenca del río Traiguén, que contempla los plaguicidas a medir, los puntos y el periodo de muestreo (Olave, 2001). Los plaguicidas a medir correspondieron a los compuestos: Simazina, Hexazinona, Glifosato, 2,4 D, Carbendazim y Picloram, definidos a partir de 4 variables que inciden en el fenómeno del riesgo como: porcentaje de distribución en el agua del plaguicida, carga total aportada a la subcuenca, toxicidad y persistencia. El porcentaje de distribución en agua, se determino a través del modelo de fugacidad nivel I, propuesto por Mackay & Paterson (1981), el cual considera 4 características físico – químicas de los plaguicidas como: peso molecular, presión de vapor, temperatura y punto de fusión (Olave, *op cit.*).

Ya que en áreas de uso agrícola el agua es uno de los recursos que presenta un alto riesgo de contaminación por pesticidas y fertilizantes debido a que se encuentra continuamente expuesto a su llegada y considerando los antecedentes señalados anteriormente sobre el uso de los pesticidas y sus efectos negativos en el medio, se hace necesario identificar los niveles de carga de pesticidas en el ambiente y predecir el riesgo ambiental causado por el uso de dicha sustancia.

## **HIPOTESIS:**

Existe el peligro de que pesticidas empleados en los sistemas agro-forestales de la Cuenca del Estero Peupeu difundan hasta su cauce.

## **OBJETIVOS:**

### Objetivo general

- ◆ Estimar el destino ambiental de los pesticidas empleados en los sistemas agro-forestales para la evaluación de los potenciales riesgos de contaminación de las aguas del Estero Peupeu.

### Objetivos específicos

- ◆ Caracterizar a través de parámetros físicos o morfológicos la Cuenca del Estero Peupeu.
- ◆ Determinar el uso actual del territorio.
- ◆ Establecer los tipos y cargas de fertilizantes empleados en el territorio.
- ◆ Determinar el destino ambiental de los pesticidas, mediante el modelo de fugacidad nivel I a través de valores establecidos por el modelo y con los valores ambientales de la cuenca.
- ◆ Proponer una metodología de muestreo.

## **2.- MATERIALES Y METODOS**

### **2.1.- AREA DE ESTUDIO**

#### **2.1.1.- Descripción de la cuenca.**

La Cuenca del Estero Peupeu se encuentra ubicada en la depresión intermedia de la IX Región de la Araucanía, comuna de Lautaro la que pertenece a una de las 14 comunas de la provincia de Cautín. La Cuenca comprende una superficie de 15. 586 hectáreas, con una longitud de 50 Km y se encuentra entre las coordenadas geográficas 5730 – 5760 Norte y 725 - 758 Este (UTM) (Figura 2).

La cuenca presenta una forma oblonga con su parte baja mucho más angosta que en su parte alta y con cauces secundarios que escurren hasta llegar al cauce principal de orden 3, el cual presenta una longitud de 39.9 Km. El cauce principal es alimentado por 5 ríos que corresponden a Estero Chumil, Coyanco, El Jote, Arquenco y el río Ñereco los cuales junto al cauce principal conforman una red hidrográfica dendrítica o arborescente que es afluente del río Cautín.

El relieve es mayoritariamente plano con alturas que van desde los 200 hasta los 550 m. s. n. m. y con un perímetro que alcanza los 75,38 Km. La cuenca se encuentra conformada por 12 series de suelo donde predominan las series Metrenco (MTC), Agua fría (AGF), y Misceláneo de pantano (MP) y 6 clases de uso de suelo diferente donde predominan las clases III, IV, y VII.

### **2.1.2.- Clima**

La provincia de Cautín presenta un clima templado típico con influencia oceánica donde la estación seca ya no existe y se reduce a 1 o 2 meses en el año. La Cuenca presenta un clima templado húmedo con 2000 mm de precipitación anual como promedio y una temperatura máxima en verano de 25°C (Palma *et al.*, 2001).

### **2.1.3.- Suelos**

La Cuenca no tiene influencia urbana directa, por lo que es netamente rural donde el uso del suelo es mayoritariamente agrícola y una menor superficie es usada para la actividad forestal con plantaciones de pino y eucaliptos. La actividad agrícola se caracteriza por su uso tradicional, con siembras de trigo, avena y hortalizas; la ganadería es marginal, predominando la crianza de bovinos y ovinos por sobre los porcinos. La crianza de aves de corral es usada para el autoconsumo (Palma, *op cit.*).

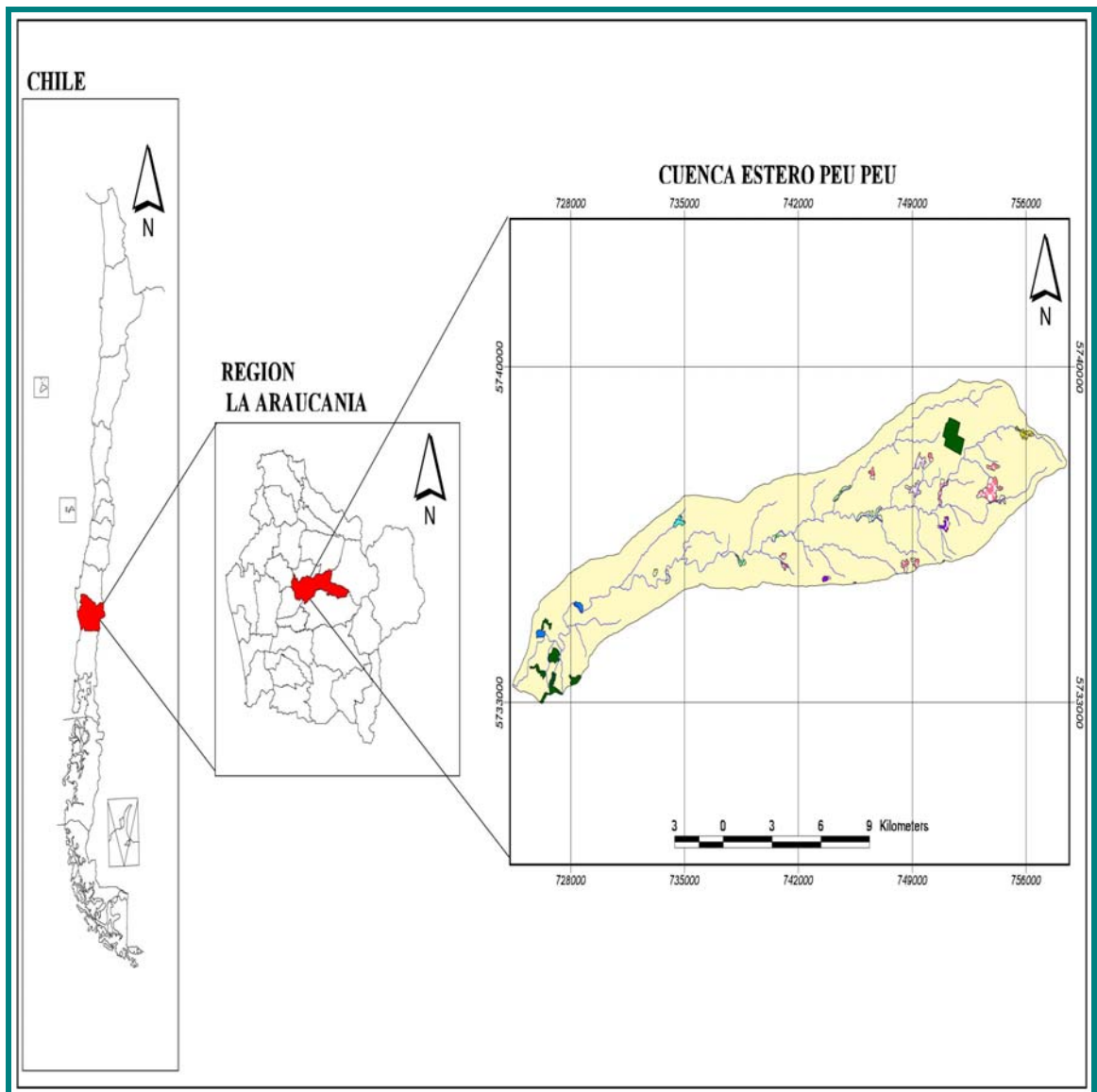
### **2.1.4.- Vegetación**

La Cuenca del Peupeu originalmente estaba cubierta por bosques nativos pertenecientes al tipo forestal Roble, Laurel y Coihue lo que proporcionaba al suelo una muy buena protección contra los agentes erosivos, principalmente el de las aguas lluvias, lo que permitía a su vez mantener el equilibrio ecológico en la zona. Actualmente la mayoría del sector no cuenta con arborización producto de la tala y su posterior implementación para otro tipo de actividad (Figura 3) (Palma, *op cit.*).

En la vegetación ribereña, aunque en pequeño porcentaje, encontramos especies como el Canelo *Drimys winteri*, Roble *Nothofagus obliqua*, Coihue *Nothofagus dombeyi* entre otros y vegetación arbustiva con especies predominantes como la Quila *Chasquea quila* y Zarzamora *Rubus ulmifolius*.



**Figura 3.-** Presencia de deforestación de la vegetación a orillas del cauce.



**Figura 4.-** Área de estudio.

## **2.2.- METODO**

### **2.2.1.- Definición área de estudio**

El área de trabajo fue delimitada previamente en trabajos anteriores por el servicio Agrícola y Ganadero, el cual facilitó la información para el desarrollo de esta investigación.

Para la definición del área se utilizaron cuatro cartas IGM escala 1: 50.000 correspondiente al sector de Lautaro, Vilcum, Perquenco y Selva oscura de donde se delimitó la cuenca en base a las curvas de nivel con mayor altura.

### **2.2.2.- Recopilación de información temática y área de estudio.**

Como etapa preliminar en la ejecución de este estudio y con el fin de obtener un buen desarrollo de los objetivos planteados y caracterizar la zona de estudio, se procedió a recopilar información de tipo bibliográfico, cartográfico, sitios web en relación a aspectos generales de los pesticidas y antecedentes sobre el área de estudio, niveles de uso, efectos de la contaminación y riesgos ambientales que se generan. Se pretende caracterizar la cuenca por medio de la determinación de parámetros físicos (superficie, perímetro y largo del cauce principal, coeficiente de Gravelius y la densidad de drenaje) y parámetros concernientes a la red hidrográfica (pendiente del cauce principal, tiempo de concentración). Estos parámetros son un aporte importante en el conocimiento del comportamiento de la cuenca, definida como el área limitada por un deslinde topográfico y que es drenada por cauces naturales en forma tal que toda la escorrentía generada se descarga a través de una salida única, donde la densidad de drenaje nos permitirá saber la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, y donde una densidad

alta será el reflejo de una cuenca muy bien drenada y que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación (Linsley *et al.*, 1992; López, 1994).

La determinación de la forma de la cuenca es también importante ya que dependiendo de su forma es como influye en los escurrimientos. Así en una cuenca de forma alargada el agua discurre en general por un solo cauce principal mientras que en una ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior (Linsley, *op cit.*; López, *op cit.*).

Como la morfología de una cuenca determina su funcionamiento desde el punto de vista de los escurrimientos, para el análisis de esto es importante el concepto tiempo de concentración, ya que entrega el tiempo que tarda en llegar a la sección de salida la gota de lluvia caída en el extremo de la cuenca. La determinación de esta información permitirá establecer una relación con respecto a los parámetros de la cuenca versus velocidad y posible llegada de los pesticidas al medio hídrico de la misma (Linsley, *op cit.*; López, *op cit.*).

### **2.2.3.-Determinación de parámetros físicos**

El área de estudio dentro de la cuenca del Estero Peupeu fue calculada por medio del uso de sistema de información geográfica (SIG) por el Servicio Agrícola y Ganadero y corroborada a través de la medición por un planímetro digital en el Laboratorio de planificación Territorial de la Universidad Católica de Temuco.

### 2.2.3.1.-Perímetro y largo del cauce principal

El perímetro de la cuenca y el largo del cauce principal se obtuvieron a través del uso del curvímetro digital (Concurve – 9).

### 2.2.3.2.-Coeficiente de Gravelius

Se utilizó el coeficiente de Gravelius con la finalidad de determinar el tipo de forma que presenta la cuenca, considerando que la forma influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una precipitación dada.

El coeficiente de Gravelius relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra teórica circular de la misma superficie y se expresa con la siguiente ecuación:

$$C_g = \frac{P}{2 \sqrt{\pi * A}} \quad \text{donde:}$$

$C_g$  : Coeficiente Gravelius

$P$  : Perímetro cuenca en Km.

$A$  : Superficie cuenca en  $Km^2$

López (1994).

El valor obtenido se constató con los rangos expuestos en la Tabla VII de clasificación de cuencas según su morfología.

**Tabla VII.-** Clasificación de cuencas de acuerdo a su forma

<b>Coefficiente de Gravelius</b>	<b>Forma de la Cuenca</b>
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga

Fuente: López (1994).

### **2.2.3.3.-Densidad de Drenaje**

La define la longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por el área total de drenaje la que se refleja en la siguiente expresión:

$$D = \sum Li / A \quad \text{donde:}$$

D : densidad de drenaje en  $\text{Km}^{-1}$

Li : Sumatoria de la longitud de los cauces en Km.

A : Área cuenca en  $\text{Km}^2$

López (1994).

### **2.2.3.4.-Curva Hipsomètrica**

Ofrece una visión del relieve y la altimetría de la cuenca (Martinez A & J Navarro, 1996).

## 2.2.4.-Determinación de parámetros relativos a la red hidrográfica

### 2.2.4.1.-Pendiente del cauce principal

Corresponde al cociente entre la diferencia de cotas extremas del río o curso principal y su longitud.

$$J_{\text{río}} = (H_{\text{max}} - H_{\text{min}}) \times 100 / L_r \quad \text{donde:}$$

J : Pendiente media del cauce (%)

H<sub>max</sub> : Altura máxima del cauce (m)

H<sub>min</sub> : Altura mínima del cauce (m)

L<sub>r</sub> : Longitud del cauce (m)

López (1994).

### 2.2.4.2.-Tiempo de concentración

Este valor se obtuvo a través de la fórmula siguiente:

$$T_c = (0.870 L^3)^{0.385} / H \quad \text{donde:}$$

T<sub>c</sub> : Tiempo de concentración (hrs)

L : Longitud del cauce principal (Km)

H : Diferencia de nivel en metros entre la salida de la cuenca y el punto más alejado (López, 1994).

### **2.3.- Pluviometría y temperatura media mensual**

Se recopilaron datos de precipitaciones medias mensuales para los años 2000 – 2003 proporcionados por la Dirección General de Aguas (DGA) obtenidos de la Estación meteorológica de Lautaro.

### **2.4.-Caudales medios**

Se recopilaron datos a partir de mediciones del caudal en las visitas a terreno de la zona de estudio.

### **2.5.-División predial**

Mediante información proporcionada por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) se obtuvo la cartografía en SIG con su correspondiente división predial, la cual se obtuvo de la consulta a 6 ortofotomosaicos de escala 1: 20.000. Los datos vinculados al SIG, facilitarían el análisis y el manejo de la información, junto con proporcionar una expresión gráfica de los resultados.

Mediante información del Servicio de Impuestos Internos, se recopilaron los números de rol de avalúo de cada propiedad con el cual se determinó el nombre del predio, nombre del propietario y superficie en hectáreas.

## **2.6.- Metodología de encuesta**

### **2.6.1.-Metodología Empleada**

Se selecciono una muestra representativa de explotaciones para la aplicación de la encuesta, donde la finalidad fue establecer que tipo de pesticidas se emplean por cada tipo de explotación agrícola de la cuenca. Para la clasificación de las explotaciones agrícolas se utilizo la metodología desarrollada por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2000) empleada por el EULA en su estudio de la Cuenca de Chillan. La metodología define tres tipologías básicas de explotación: pequeña, mediana y grande. El principal criterio de clasificación se basa en el tamaño de la explotación. Además la metodología subdivide la categoría pequeña explotación para mejorar la clasificación en explotaciones de subsistencia y pequeña explotación empresarial en función del tamaño y de la incorporación diferencial de capital y tecnología. De manera de diferenciar una agricultura de tipo campesino con una superficie agrícola de mayor connotación empresarial.

Para obtener una muestra representativa de los productores se debe diseñar un muestreo aleatorio estratificado definiéndose cuatro estratos en base a la tipología de explotaciones: subsistencia, pequeña, mediana y grande. El tamaño de la muestra y la asignación del número de encuestas por estrato será definido según el principio de Neyman (formula 1) el cual establece que el tamaño de la muestra puede ser determinado en función de la variabilidad interna de los estratos y de la proporción del tamaño del estrato respecto al tamaño de la población.

Formula 1

$$n = \frac{t^2 \sum_{j=1}^m P_j s_j^2}{(e^2 + t^2 \sum_{j=1}^m \frac{P_j s_j^2}{N})}$$

donde:

- n : tamaño de la muestra
- n<sub>j</sub> : tamaño de la muestra en e j – ésimo estrato
- s<sub>j</sub><sup>2</sup> : varianza del j – ésimo estrato
- e : error de muestreo máximo admisible
- t : t de student dada una confianza específica
- M : número de estratos
- P : proporción de j – ésimo estrato (p= N/N<sub>j</sub>)
- N : tamaño de la población
- N<sub>j</sub> : tamaño del j- ésimo estrato

Se considerara un error de muestreo de 10% con un nivel de confianza del 95%. La variabilidad de los estratos se estimara en función del tamaño de las explotaciones considerando que es el principal criterio de clasificación de las explotaciones. El tamaño muestral que se obtenga serán distribuidos en los estratos según la afijación de Neyman descrita en la formula 2.

Formula 2 :

$$n_j = n \frac{P_j s_j}{\sum_{j=1}^m P_j s_j} \quad \text{donde:}$$

n : tamaño de la muestra

n<sub>j</sub> : tamaño de la muestra en e j – ésimo estrato

S<sub>j</sub> : desviación estándar del j – ésimo estrato

M : números de estratos

P : proporción de j – ésimo estrato (P= N/N<sub>j</sub>)

N : tamaño de la población

N<sub>j</sub> : tamaño del j – ésimo estrato

Aplicación de la encuesta en terreno

Con el número de rol, el nombre del predio y del propietario, se realizaron visitas a terreno bajo la supervisión del SAG, municipalidad de Lautaro y programa de desarrollo rural PRODER.

Durante el terreno se aplicó la encuesta, la cual fue corregida para un mejor manejo de la información (Anexo 3), donde se consideraron los siguientes ítem: Tipo de cultivo y superficie, época de siembra y aplicación de sus productos, cantidad aplicada y manejo de los productos.

### **2.6.2.- Criterios de la encuesta**

Respecto a la aplicación de la encuesta en terreno, se seleccionaran, en forma aleatoria, los roles de las explotaciones a encuestar según la asignación definida por estrato, pero considerando ciertos criterios:

- que los predios cuenten con un buen acceso
- que en su mayoría los predios presenten el desarrollo de la actividad agrícola o forestal
- que en lo posible sean de propietarios mapuches
- que la mayor cantidad de predios cuente con el paso directo de un curso de agua por su predio.

## **2.7. Análisis encuesta**

### **2.7.1. Determinación de cargas de pesticidas**

Se generó una base de datos procedente del análisis de las respuestas obtenidas de la encuesta a los propietarios agrícolas de la cuenca y posteriormente se calculó la carga de pesticidas a través de la sumatoria de cada uno de los productos químicos aplicados a los diferentes cultivos agrícolas.

### **2.7.2.- Determinación de dosis total de fertilizantes**

Se generó una base de datos que permitió mediante un cálculo y análisis previo, determinar el total de fertilizante que se empleó en la cuenca para los diferentes cultivos y la época de aplicación.

### **2.7.3.- Manejo de pesticidas**

Se procesó las respuestas obtenidas de la encuesta en relación a las preguntas referidas al tipo de manejo que se le daba a los pesticidas utilizados en los predios, formulándose una base de datos, donde se consideró:

- Si la dosis es recomendada por un técnico o ingeniero agrícola.
- Si siguen las indicaciones de la etiqueta
- Si almacenan algún pesticida
- Que se hace con los recipientes vacíos, entre otras.

### **2.8.- Definición de la afinidad ambiental de los pesticidas en el medio ambiente**

#### **2.8.1.- Modelo de fugacidad:**

El método, propuesto por Mackay & Paterson (1981), se utilizó en la definición del comportamiento teórico de pesticidas en el ambiente, es decir, que a través de la simulación de un ambiente idealizado se intenta predecir las posibilidades de separación y afinidad de las sustancias con los principales compartimentos ambientales: agua, suelo, aire, sedimento, sólidos suspendidos y biomasa acuática.

Para la aplicación del modelo se consideraron dos situaciones: Unidad de mundo estándar y unidad de mundo con algunas propiedades reales más relevantes del medio ambiente.

El modelo de fugacidad nivel I en su forma estándar considera un equilibrio entre todos los compartimentos de la unidad de mundo y para su desarrollo solo basta conocer algunas propiedades físicas y químicas básicas de la molécula en estudio. Las características restantes, es decir, del ambiente están definidas por una unidad de mundo

con volúmenes conocidos. Si el modelo no se aplica a la unidad de mundo estándar, sino en condiciones reales a un ambiente real, se incluyen datos de entrada con las propiedades del medio ambiente más relevantes como los volúmenes expresados en m<sup>3</sup> (aire, agua, suelo, sedimentos, sedimentos suspendidos, biomasa acuática) y la cantidad de cada agente químico introducido en el ambiente. Los valores utilizados para esta aplicación se pueden observar en la Tabla VIII.

**Tabla VIII.-** Valores empleados para el cálculo de las propiedades del medio ambiente de la zona de estudio, para la aplicación del modelo de fugacidad nivel I.

Datos	m	m <sup>2</sup>	Kg	Kg/m <sup>3</sup>
Área cuenca	-	155.860.000	-	-
Largo río	39.900	-	-	-
Ancho medio río	7.625	-	-	-
Profundidad	0,352	-	-	-
Sedimentos suspendidos	-	-	0,00651	-
Biomasa peces	-	-	102	-
Densidad sed. Suspendidos	-	-	-	1500
Densidad peces	-	-	-	1000

**2.8.2.- Formulas para el cálculo de las propiedades del medio ambiente más relevantes expresados en m<sup>3</sup>, para la aplicación del modelo de fugacidad nivel I.**

$$A = 200 \text{ m} * ac \quad \text{donde:}$$

A : Aire (m<sup>3</sup>)

ac : Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

$$\mathbf{Va = Pr * Lr * Ar} \quad \text{donde:}$$

Va : Volumen agua (m<sup>3</sup>)

Pr : Profundidad río (m)

Lr : Largo río (m)

Ar : Ancho medio río (m)

$$\mathbf{S = (0,3 m * ac) - Va} \quad \text{donde:}$$

S : Suelo (m<sup>3</sup>)

ac : área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

Va : Volumen agua (m<sup>3</sup>)

$$\mathbf{Sd = 0,01 m * Lr * Ar} \quad \text{donde:}$$

Sd : Sedimento (m<sup>3</sup>)

Lr : Largo del río (m)

Ar : Ancho medio del río (m)

$$\mathbf{SS = ( ss * Va) / Dss} \quad \text{donde:}$$

SS : Sedimento suspendido (m<sup>3</sup>)

ss : Sedimento suspendido (Kg/ m<sup>3</sup>)

Va : Volumen agua (m<sup>3</sup>)

Dss : Densidad (Kg/ m<sup>3</sup>)

$$Pc = (Ba * Va) / DPc \quad \text{donde:}$$

Pc : Peces (m<sup>3</sup>)

Ba : Biomasa (Kg/ m<sup>3</sup>)

Va : Volumen agua (m<sup>3</sup>)

DPc : Densidad peces (Kg/ m<sup>3</sup>)

## **2.9.-Evaluación del riesgo de los pesticidas**

### **2.9.1.-Definición de los pesticidas a monitorear**

Para definir que pesticidas se deben monitorear se determinaron previamente 5 parámetros para evaluar el riesgo de los pesticidas para el medio ambiente: Carga total empleada en la cuenca, toxicidad acuática Lc50, persistencia (vida media en el suelo expresado en días), número de propietarios que aplico el producto (obtenido de los propietarios encuestados) y el porcentaje de partición en agua y sedimento, según el modelo de Mackay. Posteriormente a cada uno de estos parámetros se le asigno un valor (Tabla IX) y se genero una matriz que permitió evaluar y clasificar a los pesticidas de acuerdo al más alto puntaje obtenido de la formula:

$$R: C \times T \times P \times M \times E \quad \text{donde:}$$

R : riesgo

C : carga (Kg)

T : Toxicidad Lc50

- P : Persistencia  $t_{\frac{1}{2}}$  (d)
- M : (%) de partición agua + sedimento
- E : Número de propietarios que aplico el producto.

**Tabla IX.-** Asignación de valores a los parámetros para la evaluación de los pesticidas.

<b>(C):</b> Carga de pesticida utilizado en la cuenca.	< 2666 (kg/ha) = 1 2666 - 5332(kg/ha) = 3 > 5332 (kg/ha) = 5
<b>(T):</b> Toxicidad acuática LC 50 (Kovach <i>et al</i> 1999)	➤ 10 mg/l = 1 1 – 10 mg/l = 3 < 1 mg/l = 5
<b>(P):</b> Persistencia o vida media en el suelo (Kovach <i>et al</i> 1999).	< a 30 días = 1 3 0 – 100 días = 3 > a 100 días = 5
<b>(M):</b> Porcentaje de partición en agua y sedimento.	< a 33,3 % = 1 33,3% - 66,6% = 3 > a 66,6 % = 5
<b>(E):</b> Numero de propietarios que emplea el ingrediente activo a sus cultivos obtenido de la encuesta.	< a 19= 1 19.1 – 38 = 3 > a 38 = 5

Para poder evaluar la toxicidad acuática y la persistencia de los pesticidas, se considero la estratificación empleada por Kovach *et al.*, (1999), en su articulo “A method to measure the environmental impact of pesticides”. En este se generan tres categorías con puntuaciones o valores donde el 1 representa el valor bajo; 3 medio y 5 el valor alto.

Para evaluar la carga y porcentaje de partición en agua mas sedimento se consideraron los siguientes criterios:

- 1.- Seguir el mismo patrón empleado por Kovach *et al.*, 1999, utilizando tres categorías y como valores de puntuación el 1; 3; y 5.

2.- Generar tres categorías con valores de acuerdo a las cargas totales empleadas en la cuenca obtenidas de la encuesta, considerando el valor mínimo y máximo de carga empleados dentro del área al momento de categorizar.

3.-Generar tres categorías con valores de acuerdo a los porcentajes de partición en agua y sedimento obtenidos del modelo de fugacidad, considerando los porcentajes obtenidos al momento de categorizar.

### **2.9.2.- Metodología de muestreo**

Para la metodología de muestreo se contemplo tres puntos básicos: Cuales pesticidas monitorear, donde realizar el muestreo y el periodo mas adecuado para dicha actividad.

Con los datos proporcionados por la encuesta referentes al tipo de cultivo, época y dosis de pesticidas aplicados por los propietarios a sus cultivos, se determinaron las fechas mas propicias para la realización o toma de muestras de agua en la cuenca del Estero Peupeu, de manera de poder llevar un control del estado en que se encuentran sus aguas y contribuir, si es necesario, a su restauración y dar una mejor calidad de vida a sus usuarios.

### 3.- RESULTADOS

#### 3.1.- Área de estudio

##### 3.1.1.- Parámetros de la cuenca

3.1.1.1.- **Parámetros físicos** Los valores obtenidos se visualizan en la Tabla X.

**Tabla X.-** Parámetros físicos de la cuenca.

Cuenca	Total
Superficie (Km <sup>2</sup> )	154,8
Superficie (Ha)	15.586
Perímetro (Km)	75,38
Longitud cauce principal (Km)	39,9
Longitud de los cauces (Km)	115,45
Densidad de drenaje (Km <sup>-1</sup> )	0.745

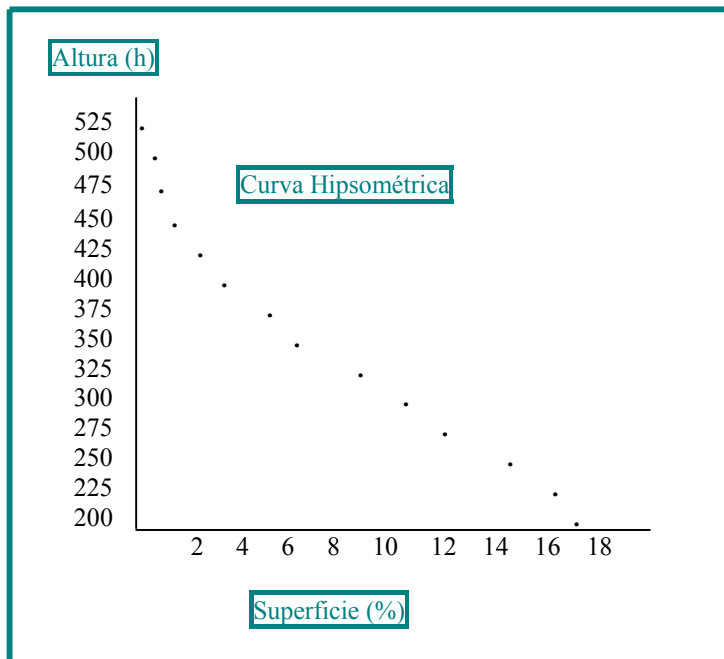
El valor obtenido para el Coeficiente de Gravelius para la clasificación de cuencas según su morfología se puede visualizar en la Tabla XI.

**Tabla XI.-** Tipo de morfología de la cuenca.

Coeficiente de Gravelius	Forma
1.70	Oblonga

##### 3.1.1.1.1.- La Curva Hipsométrica

El área de estudio muestra la visión de un relieve relativamente plano con una altitud máxima de 525 m. s. n. m. en el extremo NE de la cuenca (Figura 5).



**Figura 5.-** Curva Hipsométrica de la Cuenca.

### 3.1.1.2.- Parámetros relativos a la red hidrográfica

Los valores obtenidos para la pendiente del cauce principal y el tiempo de concentración se ilustran en la Tabla XII.

**Tabla XII.-** Parámetros de la red hidrográfica.

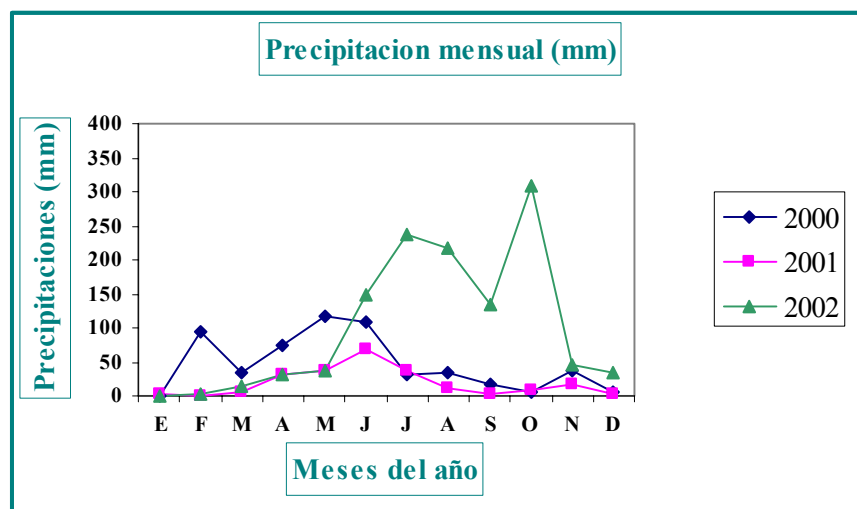
Pendiente cauce principal (%)	Tiempo de Concentración (Hrs)
0.87	7.0

### 3.2.-Datos climáticos de la cuenca.

#### 3.2.1.-Pluviometría y temperatura media mensual.

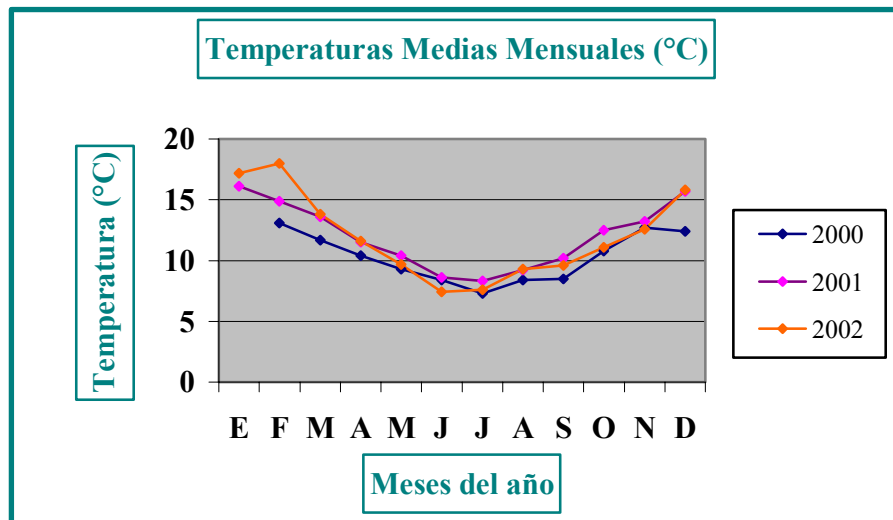
De acuerdo a la información entregada por la DGA de la Estación de Lautaro para los años (2000 – 2002) se obtuvo que la mayor precipitación anual se produjo para el año 2002, donde el mes más lluvioso fue octubre con un total de 308 mm de agua caída (Figura 6).

Con respecto a las temperaturas medias mensuales (Figura 7) se registraron para el año 2001 – 2002 temperaturas anuales de 12 °C respectivamente, observándose una máxima de temperatura para ambos años en el mes de Diciembre con valores de 15.7 y 15.8 °C.



Fuente: DGA, Estación: Lautaro

**Figura 6.-** Pluviométrica media.

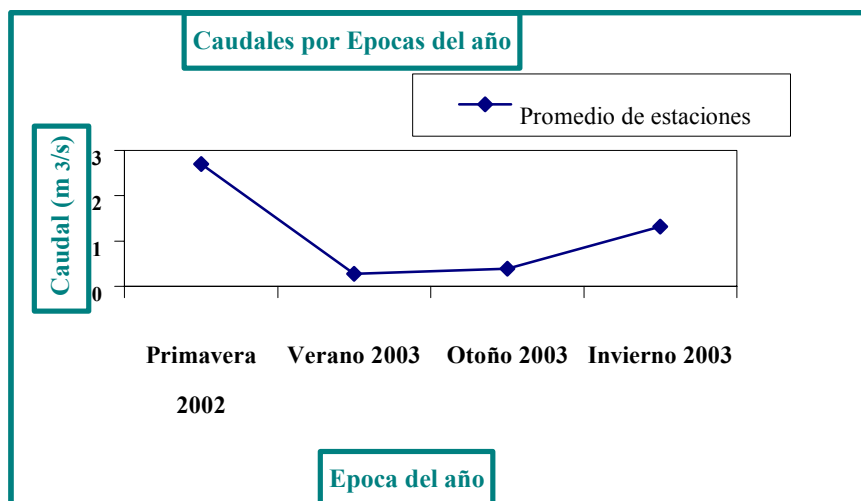


Fuente: DGA, Estación: Lautaro

Figura 7.- Temperatura media.

### 3.2.2.- Caudal de la Cuenca del Estero Peupeu

El caudal experimenta un aumento paulatino de acuerdo a la época del año, siendo las temporadas de invierno y primavera las épocas del año con mayor caudal (Figura 8).



Fuente: DGA, Estación: Lautaro

Figura 8.- Caudal de la Cuenca del Estero Peupeu.

### 3.3.- Caracterización predial

El área de estudio definida para la cuenca del Estero Peupeu incluyó un total de 607 predios, con lo cual se creó una base de datos en el programa Microsoft Excel para un mejor manejo y entendimiento de la información. Para este propósito se incorporó el rol de avalúo del predio, tipo de cultivo, total de superficie destinada a cultivos y la dosis de pesticidas aplicados en cada predio y de acuerdo al tipo de cultivo (Anexo 4).

También se generó una base de datos digital en Arcview en el cual se incorporó el nombre del propietario, nombre del predio, superficie del predio y otros datos que facilitaron la elaboración de mapas como el de uso de suelo, división predial y tipo de pesticidas aplicado en la cuenca.

### 3.4.- Aplicación de la metodología de la encuesta

La metodología propuesta por la ODEPA junto con la determinación del tamaño de la muestra y la asignación del número de encuestas por estrato definido por el principio estadístico de Neyman, está representado en la Tabla XIII, de donde de un total de 607 predios, se seleccionaron 121 predios como muestra de la cuenca para ser sometidos a encuesta.

**Tabla XIII.-** Tamaño de muestra por estrato.

<b>Estrato</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>N° de explotaciones</b>
Subsistencia	0 – 12	84
Pequeño	12.1 – 24	13
Mediano	24.1 – 36	5
Grande	> 36	19
<b>Total</b>		121

Fuente: ODEPA (2000).

### **3.5.- Suelo**

#### **3.5.1.- Tipo de serie**

De acuerdo a la información proporcionada por las 6 ortofotomosaicos que cubrían el área de estudio, correspondientes a Perquenco (3823 – 7222), Reducción cayul (3823 – 7213), Estero Chumil (3823 – 7204), Rariruca (3823 – 7155), Lautaro (3831 – 7222), y Muco Chureo (3831 – 7213) se encuentran definidas 12 tipos de series diferentes (Anexo 1), de donde predomina la presencia de las series Metrenco (MTC), Agua Fría (AGF) y Misceláneo pantano (MP). La serie Metrenco presenta suelos franco arcillo limoso, profundo de textura arcillosa, bien drenado y ligeramente ondulado. La serie Agua fría presenta suelos franco limoso, moderadamente profundo y con buen arraigamiento, mientras que la serie Misceláneo pantano presenta suelos de difícil drenaje y con niveles freáticos en o próximos a la superficie durante todo el año.

#### **3.5.2.- Capacidad de uso de suelo**

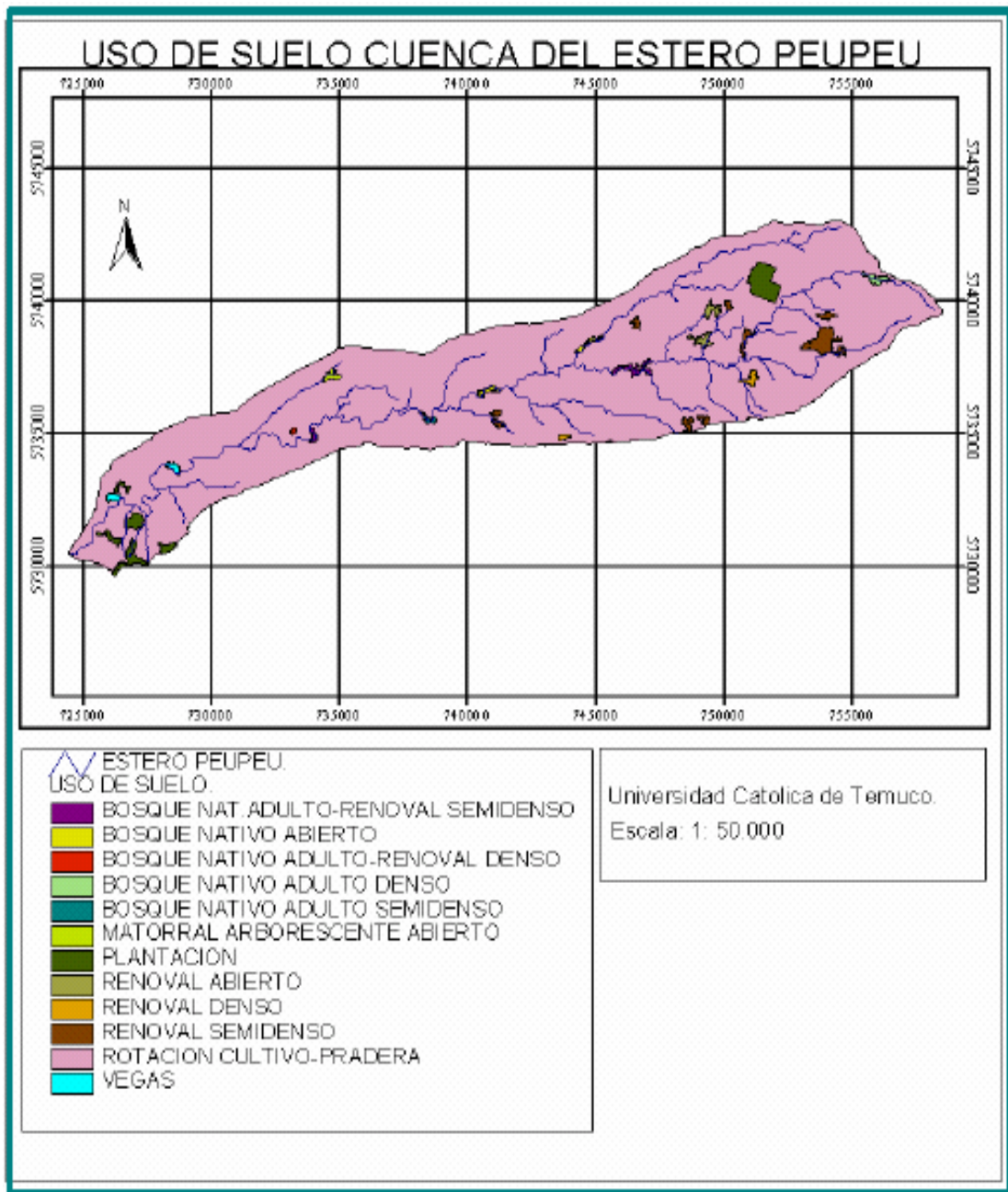
De acuerdo a la información proporcionada por las ortofotos del sector, se constato que casi la mayoría del área de estudio pertenece a la capacidad de uso III y dentro de esta categoría, se impone la capacidad de uso IIIe (Anexo 2). Esta capacidad presenta moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada lo que dificulta severamente el regadío; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida. (requieren practicas moderadas de conservación y manejo).

### **3.5.3.- Uso de suelo**

El área de la cuenca del Estero Peupeu se caracteriza por la presencia mayoritaria del uso agrícola con predominio del cultivo del trigo (Figura 9 y 10) quedando solo zonas de parche con bosque nativo, plantación, renoval abierto y vegas. Las que se distribuyen con distintas proporciones a lo largo de la cuenca.



**Figura 9.-** Predio con cultivo de trigo.



**Figura 10.-** Mapa uso del suelo.

### 3.5.4.-Tipo de cultivo

La muestra predial del área agrícola de la cuenca del Estero Peupeu presenta 7 tipos de cultivo diferentes: trigo, avena, cebada, tritical, lupino, chacra y empastada (Tabla XIV). De estos cultivos se observa que el trigo tiene una mayor frecuencia a nivel predial, ya sea como único cultivo dentro del predio o con la presencia de otro cultivo, donde en este caso sobresale la siembra mixta de trigo y avena, lo que implica el uso total de una mayor cantidad de superficie correspondiente a 957.8 ha para el trigo y de 464.8 ha para la siembra mixta de trigo y avena. Por otra parte el lupino (3.7 ha) y la chacra (1 ha) representan los cultivos con menos superficie utilizada dentro de la muestra predial de la cuenca.

**Tabla XIV.-** Distribución de la superficie de la muestra predial de la cuenca por tipo de cultivo.

Usos	N° de predios	Superficie cultivada (ha)	Superficie sin cultivo (ha)	Superficie Total del predio (ha)
Trigo	44	957.8	1035.47	1993.27
Trigo – avena	14	464.8	1528.2	1993
Trigo – avena – empastada	4	80	26.49	106.49
Trigo - lupino	1	11	11	22
Trigo - empastada	8	46.3	177.72	224.02
Avena	6	123.6	6.15	129.75
Avena – cebada	1	28	10.5	38.5
Tritical	2	25	24.5	49.5
Lupino	2	3.7	1.17	4.87
Empastada	5	22.5	19.03	41.53
Chacra	1	1	0	1
Resago	33	-	328.24	328.24
<b>Total</b>	<b>121</b>	<b>1763.7</b>	<b>3168.47</b>	<b>4932.17</b>

### **3.6.-Uso de pesticidas**

#### **3.6.1.- Aspectos generales**

Los pesticidas que se utilizan dentro de la muestra predial de la cuenca correspondieron a 24 marcas comerciales diferentes con sus respectivas formulaciones y concentraciones, dando origen a un total de 22 ingredientes activos. El método de acción de la mayoría de los compuestos es de tipo sistémico selectivo que consiste en la absorción del compuesto por la especie que se desea proteger, y su posterior traslocación a otras partes del organismo (Campos, 1987). En cuanto a la clasificación por tipo de uso se observó el uso mayoritario de herbicidas y se identificaron un total de 15 grupos químicos de pesticidas que fueron utilizados en los cultivos (Tabla XV).

Dentro de los pesticidas se logró identificar el uso de dos grupos organofosforados (Azinfos metil y Clorpirifos) y un herbicida del grupo Bipiridilo (Paraquat) que presentan una alta peligrosidad para el hombre ya que presentan un alto grado de toxicidad.

#### **3.6.2.- Distribución de los pesticidas por número de predios**

Cuatro productos son los más repetitivos en su aplicación: Mcpa, Rango, Ajax, Roundup y Topik, siendo el Mcpa (herbicida extremadamente tóxico en ínfimas cantidades) el producto más aplicado con un total de 58 predios dentro de un total de 121 predios correspondiente a la muestra predial, sin embargo, no fue aplicado en todos los diferentes tipos de cultivo que se encuentran presentes en la muestra predial de la cuenca (Tabla XVI).

**Tabla XV.-** Características generales de los pesticidas empleados en la cuenca.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Grupo químico	Concentración y formulación	Modo de acción	Clasificación por tipo de uso	Toxicidad LD 50 (Mg/kg)
Mcpa	Mcpa	Der. fenoxiácetico	400 g de ácido eq./l SL	Sistémico selectivo	Herbicida	Dermal >3365 Oral > 1700
Topik	Clodinafop - propargil	Fenoxopropionato	240g/l + 60g/l EC	Sistémico selectivo postemergente	Herbicida	Dermal 2000 Oral 1829 – 2000
Ajax	Metsulfuron - Metil	Sulfonilureas	500g/kg PE	Selectivo, Sistémico	Herbicida	Dermal 10.000 Oral 4000
Logran	Triasulfuron	Sulfonilureas	75 WG	Sistémico selectivo postemergente	Herbicida	Dermal > 2000 Oral > 5000
Rainbow	Fluoro cloridone	Pirrolidiona	250g/l EC	Suelo - activo	Herbicida	Dermal > 5.000 Oral 1.820
Roundup	Glifosato	Aminas ácidas	48% SL	Sistémico postemergente	Herbicida	Dermal >10.416 Oral 8.437
Cascabel	Diclofop-metil	Esteres fenoxipropionicos	284g/l EC	Sistémico selectivo postemergente	Herbicida	Dermal > 5000 Oral 2040
Tordon	Picloram	Der. Ac. Picollinico	24.9 % SL	Sistémico	Herbicida	Dermal > 8000 Oral 10330
Rango 480	Glifosato	Aminas Ácidas	480g/l SL	Sistémico no selectivo Postemergente	Herbicida	Dermal 7940 Oral 4900
Galant plus	Isómero racémico haloxyfop-metil	Misceláneo	3.11 % EC	Sistémico postemergente	Herbicida	Dermal >6.000 Oral > 3000
Arco 2,4 D - 480	2,4 D	Derivado Fenoxiacético	480g/l SL	Sistémico selectivo	Herbicida	Dermal --- Oral 1.200
Gramoxone super	Paraquat	Bipiridilo	276g/l SL	Contacto	Herbicida	Dermal 400 Oral 590
Aliado	Metsulfuron- metil	Sulfonilureas	60% WP	Sistémico selectivo postemergente	Herbicida	Dermal > 3.333 Oral > 8.333
Gusathión	Azinfos metil	Organo fosforado	35% WP	Tóxico gástrico y contacto	Insecticida	Dermal 714 Oral 36
Karate	Lambdacihalotrina	Piretroide	50g/l EC	Contacto ingestión y repelencia	Insecticida	Dermal > 1.800 Oral 467-955

**Continuación Tabla XV.-** Características generales de los pesticidas empleados en la cuenca.

Anagran plus	Mancozeb + Carbendazim	Ditiocarbamato + Benzimidazol	640g/kg + 80 g/kg DS	Contacto y sistémico inicial	Fungicida	Dermal 5.000 Oral 5.000
Raxil	Tebuconazole	Triazol	20g/Kg DS	Sistémico y contacto	Fungicida	Dermal 250.000 Oral 200.000
Duett	Epoxiconazol + Carbendazim	Triazol + Benzimidazol	125g/l 125g/l SC	Sistémico curativo erradicante	Fungicida	Dermal > 2.000 Oral > 2.200
Alto 100	Cyproconazol	Triazoles	100 g/lt SL	Sistémico y contacto	Fungicida	Dermal > 2000 Oral > 5000
Matador	Tebuconazole + Triadimenol	I yII inhibidores de esterol	I 250 g/l , II 125 g/l EC	Sistémico y contacto	Fungicida	Dermal > 5000 Oral 2443
Troya	Clorpirifos	Organofosforado	480 g/l EC	Contacto, ingestión	Insecticida	Dermal 2330 Oral 300 – 600
Hussar	Iodosulfuron metil sodio	Sulfonilureas	5.26% P/P WG	Sistémico, foliar, radicular	Herbicida	Dermal > 5000 Oral > 5000
Baytan	Triadimenol	Triazol	150 g/l	Sistémico	Fungicida	Dermal 5000 Oral 5000
Ally	Metsulfuron metil	Sulfonilureas	60 % DF	Sistémico, foliar, radicular	Herbicida	Dermal > 2000 Oral > 5000

Fuente: AFIPA (1998-1999)

WP Polvo mojable; SL Líquido soluble; EC Concentrado emulsionable; WG y DF Gránulos dispersables en agua; PE Polvo efervescente; DS Polvo dispersable; SC Suspensión concentrada.

**Tabla XVI.-** Distribución de los pesticidas por número de predios de la muestra predial de la cuenca.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Nº de predios
Mcpa	Mcpa	58
Topik	Clodinafop - propargil	13
Ajax	Metsulfuron - Metil	27
Logran	Triasulfuron	1
Rainbow	Fluoro cloridone	1
Roundup	Glifosato	15
Cascabel	Diclofop-metil	1
Tordon	Picloram	2
Rango 480	Glifosato	30
Galant plus	Isómero racémico haloxyfop-metil	1
Arco 2,4 D - 480	2,4 D	1
Gramoxone súper	Paraquat	1
Aliado	Metsulfuron- metil	2
Hussar	Iodosulfuron metil sodio	6
Ally	Metsulfuron - Metil	3
Gusathión	Azinfos metil	1
Karate	Lambdacihalotrina	1
Troya	Clorpirifos	3
Matador	Tebuconazole – triadimenol	8
Baytan	Triadimenol	3
Duett	Epoxiconazol – carbendazim	1
Alto 100	Cyproconazol	1
Anagran plus	Mancozeb – carbendazim	3
Raxil	Tebuconazole	1

### 3.6.3.- Frecuencia de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca.

Sobresale la alta frecuencia de aplicación solo de algunos pesticidas sobre determinados cultivos, lo que se debe a la baja diversidad de cultivos presentes en cada predio de la muestra predial de la cuenca y a la alta preferencia por solo algunos tipos de cultivo como el trigo (Tabla XVII).

Dentro de los pesticidas más frecuentes a nivel de cultivo se encuentra el producto Rango 480 ya que fue aplicado en todos los tipos de cultivo presentes en la muestra predial de la cuenca exceptuando la cebada, mientras que el Mcpa y el Ajax son frecuentes para el trigo, avena y empastada, el Roundup lo es para el trigo, avena y lupino.

**Tabla XVII.-** Frecuencia de aplicación de pesticidas por tipo de cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Tipo de cultivo						Frecuencia
		Trigo	Avena	Cebada	Tritical	Lupino	Empastada	
Mcpa	Mcpa	x	x	-	-	-	x	3
Topik	Clodinafop - propargil	x	x	-	-	-	-	2
Ajas	Metsulfuron - Metil	x	x	-	-	-	x	3
Logran	Triasulfuron	x	-	-	-	-	-	1
Rainbow	Fluoro cloridone	x	-	-	-	-	-	1
Roundup	Glifosato	x	x	-	-	x	-	3
Cascabel	Diclofop-metil	-	x	-	-	-	-	1
Tordon	Picloram	x	-	-	-	-	-	1
Rango 480	Glifosato	x	x	-	x	x	x	5
Galant plus	Isómero racémico haloxyfop-metil	-	-	x	-	-	-	1
Arco 2,4 D – 480	2,4 D	x	-	-	-	-	-	1
Gramoxone super	Paraquat	x	x	-	-	-	-	2
Aliado	Metsulfuron- metil	x	-	-	-	-	-	1
Hussar	Iodosulfuron metil sodio	x	-	-	-	-	-	1
Ally	Metsulfuron metil	x	x	-	-	-	-	2
Gusathión	Azinfos metil	-	-	-	x	-	-	1

**Continuación de la Tabla XVII.-** Frecuencia de pesticidas por tipo de cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Karate	Lambdacihalotrina	-	-	-	-	-	x	1
Troya	Clorpirifos	x	-	-	-	-	-	1
Matador	Tebuconazole – triadimenol	x	-	-	-	-	-	1
Baytan	Triadimenol	x	-	-	-	-	-	1
Duett	Epoxiconazol – carbendazim	-	x	-	-	-	-	1
Alto 100	Cyproconazol	x	-	-	-	-	-	1
Anagran plus	Mancozeb – carbendazim	x	-	-	x	-	-	2
Raxil	Tebuconazole	x	-	-	-	-	-	1

### 3.6.4.- Época de aplicación de los pesticidas a los cultivos

La época de aplicación de pesticidas para el trigo y los demás cultivos presentes en la muestra predial de la cuenca se concentran en los meses cercanos a la primavera y en primavera propiamente tal correspondientes a los meses de Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre y en algunos casos también sobresale el mes de Mayo (Tabla XVIII).

**Tabla XVIII.-** Mes de aplicación de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca.

Cultivo	Pesticida	Mes de aplicación	Nº de predios
Trigo	Ajax	Mayo	10
		Agosto	10
		Sept- Octb	5
		Diciembre	1
	Mcpa	Mayo	8
		Agosto	18
		Sept-octb	20
		Noviembre	3

**Continuación de la Tabla XVIII.- Mes de aplicación de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca.**

		Diciembre	3
	Hussar	Agost - Sept	4
		Octubre	1
	Topik	Mayo	1
		Septiembre	7
		Octb – Nov	1
		Diciembre	1
	Logran	Octb – Nov	1
	Ally	Agosto	1
		Octb – Nov	1
	Alto 100	Noviembre	1
	Roundup	Mayo	6
		Junio	1
		Agost - Sept	8
	Tordon	Octubre	1
		Diciembre	1
	Rango	Abril	6
		Mayo	11
		Junio	2
		Julio	1
		Sept – octb	6
	Raxil	Mayo	1
	Aliado	Septiembre	1
		Diciembre	1
Avena	Mcpa	Mayo	3
		Agosto	3
		Septiembre	4
		Octb – Nov	4
	Ajax	Mayo	4
		Agosto	1
	Cascabel	Agosto	1
	Gramoxone super	Julio	1
	Duett	Diciembre	1
	Topik	Septiembre	1
Lupino	Rango	Agosto	1
	Roundup	Abril	1
Cebada	Galant plus	Septiembre	1
Tritical	Gusathion	Mayo	1
	Rango	Agosto	1

**Continuación de la Tabla XVIII.-** Mes de aplicación de pesticidas por tipo de cultivo en la muestra predial de la cuenca.

	Anagran plus	Agosto	1
Empastada	Mcpa	Marzo	1
		Mayo	1
		Agosto	7
		Septiembre	1
	Rango	Marzo	1
		Mayo	5
	Ajax	Agosto	5

### 3.6.5.- Clasificación de los pesticidas empleados en la muestra predial de la cuenca según el uso recomendado por AFIPA

En general se obtuvo que los pesticidas fueron aplicados a los cultivos de acuerdo a lo que recomienda la AFIPA (Tabla XIX), sin embargo, en el caso del trigo es poco recomendado el uso del pesticida Troya, en la avena no se recomienda aplicar el producto Cascabel y en el cultivo de triticual el uso del producto Gusathion y Anagran plus no son recomendables.

**Tabla XIX.-** Clasificación de los pesticidas según el destino de aplicación.

Tipos de cultivos	Recomendación del empleo de pesticidas			
	Recomendado para cultivo	Recomendado en cereales	otros	No recomendado para cultivos
Trigo	Aliado Mcpa Topik Logran Duett Cascabel Tordon	Ajax	Roundup	Galant plus Troya

**Continuación de la Tabla XIX.-** Clasificación de los pesticidas según el destino de aplicación.

Avena	Aliado Mcpa Logran Gramoxone super Matador Karate	Ajax	Roundup Rango	Galant plus Tordon Cascabel Topik Gusathion Troya
Cebada	Mcpa Aliado Logran Cascabel Karate Duett	Ajax	Roundup	Topik Rainbow Galant plus Gusathion Troya
Tritical	Mcpa Logran Tordon Baytan Aliado	Ajax	Rango Roundup	Topik Rainbow Arco 2,4 D 480 Gusathion Troya Anagran plus
Lupino	Galant plus	Ajax		Topik Rainbow Aliado Gusathion
Empastadas	Mcpa Tordon Gusathion Karate Anagran plus	---	Roundup Rango	Galant plus Matador Duett Raxil Topik

### **3.6.6.- Dosis de aplicación de pesticidas según la encuesta aplicada a la muestra predial de la cuenca y lo recomendado por AFIPA**

De los 19 pesticidas que se utilizan en la muestra predial de la cuenca del Estero Peupeu para el cultivo del trigo, 20 predios aplicaron 6 compuestos en una dosis mayor a lo recomendada por la AFIPA y solo 4 compuestos se aplicaron en una dosis menor a lo establecido por la AFIPA (Tabla XX).

Para el cultivo de la avena con un total de 9 compuestos aplicados, solo 1 compuesto fue aplicado con una dosis mayor a lo establecido, donde 2 compuestos se aplicaron con

una dosis menor y 2 compuestos no eran recomendados para la avena. La cebada presento la aplicación de 1 compuesto que no era recomendado para el cultivo. Lo mismo ocurre en el cultivo de tritical, el cual de 3 compuestos, solo 1 es recomendado y bien aplicado. El lupino con 2 compuestos, es aplicado dentro de lo establecido y la empastada con 4 compuestos, solo muestra 1 aplicado fuera de lo recomendado.

**Tabla XX.-** Dosis de aplicación de pesticidas: Encuestas a predios v/s AFIPA.

<b>Cultivo</b>	<b>Pesticida</b>	<b>Dosis recomendada Por AFIPA</b>	<b>N° de predios</b>	<b>Dosis obtenida de la encuesta</b>	<b>N° de predios</b>
Trigo	<b>Tordon</b>	100 – 125 cc/ha	0	0.7 – 3 l/ha	2
	<b>Roundup</b>	1.0 – 3.5 l/ha	13	-	0
	<b>Aliado</b>	6 – 8 g/ha	1	100 g/ha	1
	<b>Ajax</b>	10 g/ha	22	20 – 1000 g/ha	4
	<b>Mcpa</b>	0.75 – 1.0 l/ha	39	0.5 – 2.0 l/ha	13
	<b>Topik</b>	250 – 300 cc/ha	7	2000 – 2500 cc/ha	7
	<b>Logran</b>	10 g/ha	-	5 g/ha	1
	<b>Rainbow</b>	2.0 – 3.0 l/ha	1	-	0
	<b>Rango 480</b>	2.0 – 4.0 l/ha	23	1.0 – 1.5 l/ha	3
	<b>Gramoxone super</b>	1.5 – 3.0 l/ha	1	-	0
	<b>Arco 2,4 D-480</b>	1.2- 1.8 l/ha	0	1.0 l/ha	1

**Continuación Tabla XX.** Dosis de aplicación de pesticidas: Encuestas a predios v/s AFIPA.

	<b>Anagran plus</b>	125 g/100 kg semilla	2	-	0
	<b>Alto 100</b>	0.5 – 0.6 l/ha	0	1 l/ha	1
	<b>Hussar</b>	300 g/ha	6	-	0
	<b>Raxil</b>	150g/ 100 kg semilla	1	-	0
	<b>Ally</b>	8 g/ha	1	4 g/ha	1
	<b>Baytan</b>	70 – 250 g/100 Kg semilla	3	-	0
	<b>Matador</b>	0.4- 0.6 l/ha	3	1.0 – 1.5 l/ha	5
	<b>Troya</b>	3.0 – 5.0 l/ha	3	-	0
Avena	<b>Mcpa</b>	0.75 – 1.0 l/ha	11	1.5 – 2.0 l/ha	3
	<b>Gramoxone super</b>	1.5 – 3.0 l/ha	1	-	0
	<b>Duett</b>	1.0 l/ha	0	0.8 l/ha	1
	<b>Ajax</b>	10 g/ha	4	8 g/ha	1
	<b>Ally</b>	8 g/ha	1	-	0
	<b>Cascabel</b>	-----	-	2.5 l/ha	1
	<b>Rango 480</b>	2.0 – 4.0 l/ha	3	-	0
	<b>Topik</b>	-----	-	2.5 l/ha	1
	<b>Roundup</b>	0.75 – 8.0 l/ha	2	-	0
Cebada	<b>Galant plus</b>	-----	-	0.65 l/ha	1
Tritical	<b>Gusathión</b>	-----	-	2 kg/ha	1
	<b>Rango 480</b>	2.0 – 4.0 l/ha	1	-	0
	<b>Anagran plus</b>	-----	-	1 Kg/ha	1
Lupino	<b>Rango 480</b>	2.0 - 4.0 l/ha	1	-	0
	<b>Roundup</b>	0.75 – 8.0 l/ha	1	-	0
Empastada	<b>Karate</b>	0.15 – 0.2 l/ha	1	-	0
	<b>Mcpa</b>	0.75 – 1.0 l/ha	10	-	0
	<b>Rango 480</b>	2.0 - 4.0 l/ha	6	-	0
	<b>Ajax</b>	-----	-	10 g/ha	5

---- no recomendado para ese cultivo.

**3.6.7.- Promedio de aplicación de pesticidas según su ingrediente activo por tipo de cultivo y hectáreas en la muestra predial de la cuenca.**

El promedio de aplicación por tipo de pesticida según su ingrediente activo en cada cultivo de la muestra predial de la cuenca expresado en Kg, se muestra en la Tabla XXI. Se puede apreciar que el cultivo del trigo representa la mayor cantidad de superficie cultivada con un 60,30 % de la superficie total de la muestra predial de la cuenca con cultivos. Se muestra que la mayor aplicación corresponde al ingrediente activo Glifosato, representado por los pesticidas Rango y Roundup con 17,55 Kg lo que equivale a un 44,95 % de los productos aplicados para el trigo.

**Tabla XXI.-**Promedio de aplicación de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca.

Cultivo	Superficie (ha)	Superficie (%)	Pesticidas	Ingrediente activo	Aplicación (kg)	(%)
Trigo	1260.8	60.30	Tordon	Picloram	0.016	0.04
			Roundup, Rango	Glifosato	17.55	44.95
			Aliado, Ajax, Ally	Metsulfuron – metil	0.57	1.46
			Mcpa	Mcpa	64.623	16.55
			Hussar	Iodosulfuron metil sodio	2.154	5.52
			Logran	Triasulfuron	0	0
			Rainbow	Fluorocloridone	0.008	0.02
			Gramoxone	Paraquat	0.055	0.14
			Arco 2,4 D-480	2,4 D	2.856	7.31
			Anagran plus	Mancozeb	0.001	0.00

**Continuación Tabla XXI.-Promedio de aplicación de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca.**

			Anagran plus	Carbendazim	0	0
			Alto 100	Cyproconazol	0.005	0.01
			Topik	Clodinafop	1.985	5.08
			Topik	Propargil	0.496	1.27
			Raxil, Matador	Tebuconazole	0.255	0.65
			Baytan, Matador	Triadimenol	0.3738	0.96
			Troya	Clorpirifos	3.174	8.13
Avena	377.9	18.07	Mcpa	Mcpa	1.69	4.33
			Gramoxone	Paraquat	0.055	0.14
			Duett	Epoxiconazol	0.041	0.11
			Duett	Carbendazim	0.041	0.11
			Cascabel	Diclofop- metil	0.059	0.15
			Ajax, Ally	Metsulfuron- metil	0.01	0.03
			Topik	Clodinafop	0.01	0.03
			Topik	Propargil	0.055	0.14
			Roundup, Rango	Glifosato	0.127	0.33
Cebada	22	1.05	Galant plus	Isomero racemico	0.01	0.03
				Haloxyfop-metil		0
Tritical	25	1.20	Gusathión	Azinfos metil	0.281	0.72
			Rango 480	Glifosato	0.127	0.33
			Anagran plus	Mancozeb	0.042	0.11
			Anagran plus	Carbendazim	0.005	0.01
Lupino	8.7	0.42	Rango 480, Roundup	Glifosato	0.142	0.36
Empastada	68.3	3.27	Mcpa	Mcpa	0.23	0.59
			Rango 480	Glifosato	0.159	0.41

**Continuación Tabla XXI.-** Promedio de aplicación de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca.

			Karate	Lambdacihalotrina	0	0
			Ajax	Metsulfuron metil	0	0
Resago	328.2	15.70			-	-
<b>Total</b>	2091	100			390.451	100

### 3.7.-Carga de pesticidas

#### 3.7.1.-Carga total de pesticidas por tipo y superficie de cultivo para la muestra predial de la cuenca.

La carga de aplicación de los distintos ingredientes activos de los pesticidas por tipo y superficie de cultivo se exponen en la Tabla XXII. Al analizar dicha información, se observa que el Rango y Roundup cuyo ingrediente activo es Glifosato, presenta las mayores cargas de aplicación en los cultivos de la muestra predial de la cuenca que se utiliza como herbicida en la producción de trigo y avena principalmente, donde para el cultivo de trigo se obtuvo una carga de 2124 Kg y 15.36 Kg para el cultivo de la avena.

**Tabla XXII.-** Carga total de aplicación de pesticidas por tipo de cultivos para la muestra predial de la cuenca.

Cultivo	Pesticida	Ingrediente activo	Dosis total (Kg/ha)
Trigo	Tordon	Picloram	1.98
	Hussar	Iodosulfuron metil sodio	260.40
	Aliado, ajax, ally	Metsulfuron – metil	68.92
	Troya	Clorpirifos	384

**Continuación de la Tabla XXII.-** Carga total de aplicación de pesticidas por tipo de cultivos para la muestra predial de la cuenca.

	Mcpa	Mcpa	781.94
	Topik	Clodinafop	240.1
	Topik	Propargil	60.03
	Logran	Triasulfuron	0.40
	Rainbow	Fluorocloridone	1
	Rango, Roundup	Glifosato	2124
	Gramoxone super	Paraquat	6.62
	Arco 2,4 D-480	2,4 D	345.60
	Anagran plus	Mancozeb	0.12
	Alto 100	Cyproconazol	0.60
	Baytan, matador	Triadimenol	45.23
	Raxil, matador	Tebuconazole	30.82
	Anagran plus	Carbendazim	0.01
Avena	Mcpa	Mcpa	204
	Gramoxone super	Paraquat	6.62
	Duett	Epoxiconazol	5
	Duett	Carbendazim	5
	Cascabel	Diclofop- metil	7.10
	Ajax, Ally	Metsulfuron metil	0.89
	Roundup, Rango	Glifosato	15.36
	Topik	Clodinafop	1.20
	Topik	Propargil	0.30
Cebada	Galant plus	Haloxifop metil	0.89
Tritical	Gusathión	Azinfos metil	34
	Rango	Glifosato	15.36
	Anagran plus	Mancozeb	5.12
	Anagran plus	Carbendazim	0.64
Lupino	Rango, Roundup	Glifosato	17.18
Empastada	Karate	Lambdacihalotrina	0.03
	Mcpa	Mcpa	27.78
	Rango	Glifosato	19.30
	Ajax	Metsulfuron metil	0.18

### 3.7.2.- Sumatoria de las cargas aportadas por cada cultivo dentro de la muestra predial de la cuenca.

Al analizar la sumatoria de las cargas aportadas por cada ingrediente activo por tipo de cultivo, resumidas en la Tabla XXIII, se observa que los cultivos de mayor superficie son impactados por un mayor número y carga de pesticidas. En trigo, cuya superficie representa el 60,30 % del área total cultivada se aplica el mayor número de ingredientes activos (17) con una carga de aplicación (4351.77 Kg) de pesticidas representando el 92,24 % de la carga total aplicada de 4797 Kg.

**Tabla XXIII.-** Pesticidas totales aplicados a cada cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Cultivo	Superficie cultivada (ha)	Superficie cultivada (%)	Pesticidas	Ingrediente activo	Aplicación (kg)	Aplicación (%)
Trigo	1260.8	60.30	19	17	4351.77	92.24
Avena	377.9	18.07	9	9	245.47	5.20
Cebada	22	1.05	1	1	0.89	0.02
Tritical	25	1.20	3	4	55.12	1.17
Lupino	8.7	0.42	2	1	17.18	0.36
Empastada	68.3	3.27	4	4	47.29	1.00
Resago	328.2	15.70	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>2091</b>	<b>100</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>4797</b>	<b>100</b>

### 3.7.3.- Carga total de la cuenca por ingrediente activo.

Al analizar la carga total se observa que el principal ingrediente activo aplicado anualmente corresponde al Glifosato, producto aplicado como herbicida y que representa el 45,66 % del total de la carga aportada a la cuenca. La menor carga de aplicación correspondió a Lambdacihalotrina que corresponde a un insecticida aplicado en la protección de las empastadas (Tabla XXIV).

**Tabla XXIV.-** Carga total empleada a la cuenca por ingrediente activo.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Carga muestra (Kg)	Carga total cuenca (Kg)	(%) de la carga
Mcpa	Mcpa	1014	3625.48	21.13
Topik	Clodinafop propargil	302	1079.78	6.29
Ajax, Aliado, Ally	Metsulfuron - Metil	70	250.28	1.46
Logran	Triasulfuron	80	286.03	1.67
Rainbow	Fluoro cloridone	1	3.58	0.02
Roundup, Rango	Glifosato	2191	7833.76	45.66
Cascabel	Diclofop-metil	7.1	25.39	0.15
Tordon	Picloram	1.98	7.08	0.04
Galant plus	Haloxifop-metil	0.89	3.18	0.02
Arco 2,4 D - 480	2,4 D	346	1237.1	7.21
Gramoxone super	Paraquat	13.2	47.2	0.28
Hussar	Iodosulfuron metil sodio	260.4	931.04	5.43
Gusathión	Azinfos metil	34	121.56	0.71
Karate	Lambdacihalotrina	0.03	0.11	0
Anagran plus	Mancozeb	5.24	18.74	0.11
Anagran plus, Duett	Carbendazim	5.65	20.2	0.12
Baytan, Matador	Triadimenol	45.23	161.72	0.94
Raxil, Matador	Tebuconazole	30.8	110.12	0.64
Duett	Epoxiconazol	5	17.88	0.1
Alto 100	Cyproconazol	0.6	2.15	0.01
Troya	Clorpirifos	384	1372.96	8
<b>Total</b>		4797	17155.33	100

### 3.8.-Fertilizantes

Como se puede apreciar en la Tabla XXV 81 de los 121 propietarios agrícolas aplicaron algún tipo de fertilizante a sus cultivos, donde solo 7 propietarios no aplicaron ningún producto. Se puede apreciar (Tabla XXVI) que los fertilizantes mas usados por los propietarios agrícolas correspondieron a la Urea con un total de 45 predios, el Super nitro con un total de 28 predios y el Superfosfato triple con un total de 22 predios que optaron por el uso del producto.

**Tabla XXV.-** Distribución de los fertilizantes por número de predios de acuerdo a lo obtenido de la muestra predial de la cuenca.

<b>Fertilizante</b>	<b>N° de predios</b>
Urea	45
Mezcla 251	7
Super nitro	28
Salitre	15
Superfosfatotriple	22
Monoamonico	4
Diamonico	9
Nitromax	2
Mezcla	11
Mezcla trumao 2	1
Cal	6
Mezcla NPK	2
Amonio	3
Mezcla 0,3 fierro	1
Mezcla 0,1 - 0,2	1
Abono	5
Sulfato amonico	1
Fosfato diamonico	1
Cloruro de potasio	13
Resago	33
No se aplico	7
No se recuerda	3

**Tabla XXVI.-** Resumen de la aplicación de fertilizantes por número de predios de la muestra predial.

<b>N° predios con fertilizantes</b>	<b>(%)</b>
81	66,942
<b>N° predios sin fertilizantes</b>	
7	5,785
<b>N° predios en resago</b>	
33	27,273
<b>Total de predios</b>	
121	100

**3.8.1.-Época de aplicación de los fertilizantes mas empleados a los cultivos de la muestra predial de la cuenca.**

De acuerdo a la Tabla XXVII la mayor aplicación de Urea en los cultivos de trigo y avena se concentro en los meses de Agosto y Septiembre con un total de 18 predios para el trigo y 5 para la avena, mientras que en la empastada se aplico el producto en el mes de Marzo con un total de 5 predios. Con respecto a la aplicación del Supernitro, este fue incorporado a los cultivos de trigo y avena en los meses de Junio y Julio con un total de 12 y 3 predios respectivamente y en Marzo con un total de 10 predios para la empastada.

**Tabla XXVII.-** Mes de aplicación de los fertilizantes más usados por tipo de cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Fertilizante	Cultivo	mes de aplicación	Nº de predios
Urea	Trigo	Abril - Mayo	3
		Junio - Julio	14
		Agost - Sept	18
		Octub - Nov	2
	Avena	Abril - Mayo	2
		Junio - Julio	3
		Agost - Sept	5
		Octub - Nov	1
	Cebada	NA	0
	Tritical	NA	0
	Lupino	NA	0
	Empastada	Marzo	5
		Mayo	1
Super nitro	Trigo	Abril - Mayo	2
		Junio - Julio	12
		Agost - Sept	3
	Avena	Mayo	1
		Julio	3
		Sept	1
	Cebada	NA	0
	Tritical	Nov	1
	Lupino	NA	0
	Empastada	Marzo	10
		Agost	1
		Sept	1

NA: no aplico.

### **3.8.2.-Carga total de fertilizantes aplicados a la muestra predial de la cuenca de Acuerdo al tipo y la superficie del cultivo**

Se puede apreciar que el trigo presenta la mayor cantidad (Kg) de producto aplicado, donde la Urea, la Mezcla y la Cal representan los porcentajes más altos de los productos aplicados a dicho cultivo, representados por el 27,15 %, el 19,82 % y el 15,54%

respectivamente. En el resto de los cultivos se observa una baja cantidad de producto aplicado expresado en los bajos porcentajes alcanzados (Tabla XXVIII).

**Tabla XXVIII.-** Carga total de fertilizantes empleados en la muestra predial de la cuenca aplicado por tipo y superficie de cultivo.

Cultivo	Superficie (ha)	Superficie (%)	Fertilizante	Aplicación (Kg)	Aplicación (%)
Trigo	1260.8	60.30	Urea	548205	27.15
			Mezcla 251	53800	2.66
			Superfosfatotriple	12810	0.63
			Salitre	49100	2.43
			Super nitro	17225	0.85
			Mono amonico	17440	0.86
			Diamonico	4560	0.23
			Nitromax	1920	0.10
			Cal	313800	15.54
			Mezcla NPK	136000	6.74
			Amonio	3040	0.15
			Mezcla 0,3 fierro	1200	0.06
			Mezcla 0,1 - 0,2	4800	0.24
			Abono	161200	7.98
			Sulfato amonico	40	0.00
			Fosfato diamonico	320	0.02
			Cloruro de potasio	3400	0.17
Mezcla	400120	19.82			
Avena	377.9	18.07	Urea	97310	4.82
			Mezcla 251	1600	0.08
			Salitre	3190	0.16
			Diamonico	500	0.02
			Superfosfatotriple	2480	0.12
			Super nitro	1700	0.08
			Mezcla trumao 2	3600	0.18
			Mezcla	75375	3.73
Cloruro de potasio	720	0.04			
Cebada	22	1.05	Salitre	19800	0.98

**Continuación de la Tabla XXVIII.-** Carga total de fertilizantes empleados en la muestra predial de la cuenca aplicado por tipo y superficie de cultivo.

Tritical	25	1.20	Diamonico	6800	0.34
			Nitromax	3840	0.19
			Superfosfatotriple	6400	0.32
			Supernitro	3200	0.16
Lupino	8.7	0.42	no aplico	0	0.00
Empastada	68.3	3.27	Urea	4315	0.21
			Salitre	5600	0.28
			Mezcla 251	7200	0.36
			Super nitro	17751	0.88
			Superfosfatotriple	8590.4	0.43
			Abono	4800	0.24
			Cloruro de potasio	2036.8	0.10
			Fosfato potasico	800	0.04
			Cal	6000	0.30
			Mezcla	6400	0.32
Resago	328.2	15.70		-	-
<b>Total</b>	<b>1762.7</b>	<b>100</b>		<b>2018988.2</b>	<b>100</b>

### 3.8.3.- Sumatoria de los fertilizantes

De un total de 42 fertilizantes empleados en un total de superficie cultivada de 2092 ha se obtuvo que en el cultivo de trigo y avena se aplico el mayor aporte de los fertilizantes (Tabla XXIX), lo que esta expresado en valores porcentuales de 85.64 % y 9.24 % respectivamente, donde sobresale claramente el aporte de los productos empleados al trigo.

**Tabla XXIX.-** Sumatoria de los fertilizantes aportados a cada cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Cultivo	Superficie (ha)	Superficie (%)	Número de Fertilizantes	Aplicación (Kg)	Aplicación (%)
Trigo	1260.8	60.27	18	1728980	85.64
Avena	377.9	18.06	9	186475	9.24
Cebada	22	1.05	1	19800	0.98

**Continuación Tabla XXIX.-** Sumatoria de los fertilizantes aportados a cada cultivo de la muestra predial de la cuenca.

Tritical	25	1.20	4	20240	1.00
Lupino	8.7	0.42	0	0	0.00
Empastada	68.3	3.26	10	63493.2	3.14
Chacra	1	0.05	0	0	0.00
Resago	328.2	15.69	0	0	0.00
<b>Total</b>	<b>2092</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>2018988.2</b>	<b>100</b>

### 3.8.4.- Carga de fertilizantes aplicada a la cuenca

Como se puede observar en la Tabla XXX los fertilizantes que aportaron una mayor cantidad en kilogramos del producto a los cultivos correspondieron a la Urea con un total de 2.053.507 Kg equivalente a un 32,44 %, las Mezclas con un total de 1.522.821 Kg equivalente al 24,06% y la Cal con un total de 1.010.590 Kg representando un 15,97% del total de los productos aplicados a la cuenca.

**Tabla XXX.-** Carga total de fertilizantes empleados en la muestra predial de la cuenca y la carga total de la cuenca.

Fertilizante	Carga de la muestra (Kg)	Carga de la cuenca (Kg)	Carga (%)
Urea	649830	2053507.97	32.44
Mezcla 251	62600	197820.35	3.13
Super nitro	39876	126010.93	1.99
Salitre	77690	245505.80	3.88
Superfosfatotriple	15140.2	47844.08	0.76
Monoamonico	17440	55111.61	0.87
Diamonico	11860	37478.42	0.59
Nitromax	5760	18202.00	0.29
Mezcla	481895	1522821.69	24.06
Mezcla trumao 2	3600	11376.25	0.18
Cal	319800	1010590.23	15.97
Mezcla NPK	136000	429769.45	6.79
Amonio	3040	9606.61	0.15

**Continuación Tabla XXX.-** Carga total de fertilizantes empleados en la muestra predial de la cuenca y la carga total de la cuenca.

Mezcla 0,1 - 0,2	4800	15168.33	0.24
Abono	166000	524571.54	8.29
Sulfato amonico	40	126.40	0.00
Fosfato diamonico	320	1011.22	0.02
Cloruro de potasio	6156.8	19455.92	0.31
Mezcla 0,3 fierro	1200	3792.08	0.06
<b>Total</b>	<b>2003048</b>	<b>6329770.90</b>	<b>100.00</b>

### **3.9.- Manejo de pesticidas**

Todos los pesticidas han sido creados, científicamente ensayados y etiquetados con toda la información necesaria para su buen uso y aplicación, sin embargo, puede ocurrir dentro de la actividad agrícola un inadecuado uso que puede resultar perjudicial para los seres vivos y el medio ambiente.

En los seres vivos un manejo inadecuado se refleja en problemas de intoxicación, en el ambiente en cambio se observa en una mala calidad de los recursos involucrados, suelo, agua y aire.

#### **3.9.1.-Forma de aplicación de los pesticidas**

De los 39 propietarios encuestados el 61,53 % aplica sus productos a través de trabajadores agrícolas y en un 38,46 % lo hace el mismo propietario. Cabe mencionar que la aplicación de los productos químicos es realizada en forma mecánica y con tractor los que equivalen al 48,58 % y 56,41 % respectivamente.

### **3.9.2.-Tipo de almacenamiento**

De un total de 72 propietarios encuestados un 79,17 % sostuvo que no almacenaba productos químicos y que la compra la realizaban al momento de la aplicación, sin embargo un 20,83 % de los productores sostuvo que si almacenaba productos químicos antes de su aplicación. De estos el 18 % sostuvo que almacenaba pesticidas en una bodega, el 1,38 % sostuvo que lo hacia en el campo y un mismo % lo almacenaba en la casa.

### **3.9.3.-Eliminación de recipientes de pesticidas**

La eliminación de los envases vacíos de pesticidas constituye una gran problemática donde generalmente el medio ambiente se ve perjudicado.

En la Cuenca del Estero Peupeu de los 72 propietarios encuestados se obtuvo que las prácticas más comunes para los envases vacíos son: Un 72,22 % se quema, el 12,5% se tira en el campo, el 9,72 % es enterrado en la misma propiedad, el 4,16 % es limpiado y vueltos a utilizar y el 1,38 % es arrojado al baño de pozo.

### **3.9.4.-Tipo de asesoramiento en la aplicación de los pesticidas**

De acuerdo a lo obtenido de un total de 72 propietarios encuestados un total de 56,9 % sostuvo contar con el asesoramiento de algún técnico o ingeniero agrícola al momento de aplicar sus productos, mientras que un total del 43 % sostuvo no tener ningún tipo de asesor.

Por otra parte un 93 % de los encuestados sostuvo seguir las indicaciones de las etiquetas de los productos químicos y un 6,94 % sostuvo que aplicaban el producto según la cantidad que estimaran conveniente.

### **3.9.5.-Época de aplicación de los pesticidas en la cuenca del Estero Peupeu**

De acuerdo a la información obtenida de las encuestas un 50 % revelo aplicar sus productos en la época primaveral, un 33,33 % sostuvo aplicarlos en invierno, el 13,88 % en otoño y un pequeño porcentaje equivalente al 2,77 % sostuvo aplicarlo en época de verano.

### **3.9.6.-Grado de conocimientos que manejan los productores agrícolas de la cuenca con respecto a los productos químicos que utilizan.**

Es importante que el propietario cuente al menos con un grado mínimo de información con respecto al tema de los pesticidas.

Del análisis realizado a las 72 encuestas, un total de 68,05 % sostuvo no saber de la existencia de productos prohibidos y de no conocer el nombre de alguno de ellos, el 15,27 % reconoció saber de la existencia de productos prohibidos, pero no sabían el nombre de ningún producto y solo el 16,66% de los propietarios afirmo saber de la existencia de productos prohibidos y fueron capaces de nombrar algún producto donde los mencionados fueron el DDT y el Lindano.

### **3.9.7.-Uso de pesticidas prohibidos (DDT)**

Del total de los propietarios encuestados, el 91,66 % reconoció no haber usado DDT en sus cultivos, mientras que el 8,33 % sostuvo haber aplicado, aunque hace varios años atrás este producto químico.

### **3.9.8.-Medida de acción ante un pesticida dañino para la vida humana y el medio ambiente.**

Mediante al análisis realizado a las 72 encuestas a los propietarios, un total de 52,77 % de los dueños prediales sostuvo que cambiarían de producto si este fuese dañino para su salud o la del medio ambiente, mientras que un 40,27 % indico que simplemente lo deja de usar y un 6,94 % manifestó indiferencia frente al efecto dañino que este pudiese causar para su salud o la del medio ambiente, señalando que lo seguirían usando.

### **3.10.-Afinidad ambiental de los pesticidas**

#### **3.10.1.-Característica físico - químicas**

Para la aplicación del modelo de fugacidad fue necesario determinar algunas características físico – químicas como el peso molecular, la presión de vapor, la solubilidad, coef. octanol agua y el punto de fusión las cuales se resumen en la Tabla XXXI.

**Tabla XXXI.-** Propiedades físico – químicas de los pesticidas empleados en la cuenca.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Peso molecular (g/mol)</b>	<b>Presión vapor (pa)</b>	<b>T° (C°)</b>	<b>Solubilidad agua (mg/m³)</b>	<b>Coefficiente octanol agua</b>	<b>Punto Fusión</b>
Mcpa	200,62	2.3E - 5	25	734	2.8	119.5
Clodinafop propargil	349,8	3.19E - 6	25	4	2.33	59.3
Metsulfuron metil	381,4	3.3E - 10	25	0.35E - 6	-1.7	158
Triasulfuron	401,83	401.8	25	815	-0.58	178.1
Fluoro cloridone	312,1	7.5E - 04	25	28	3.36	N.D.
Glifosato	169,1	1E - 5	25	12 E + 6	-1.6	200
Diclofop metil	341,2	2.5E - 4	20	0.8	46	40
Picloram	241,48	8.2E - 5	25	430	-0.05	215
Haloxifop metil	375,7	8E - 4	25	9.3	4	56
2,4D	221,04	1.1E - 4	25	311	-0.75	140.5
Paraquat	186,3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Iodosulfuron metil sodio	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Azinfos metil	317,3	1,8E-04	20	28	2.96	72.4
Lambdacihalotrina	449,9	2.00E-04	25	0.005	7	49.2
Clorpirifos	350,6	2.7E - 03	25	1.4	4.75	43.5
Tebuconazole	307,8	1.3 E - 06	20	32	3.7	102.4
Triadimenol	295,8	0.041E - 6	20	62	3.1	138.2
Epoxiconazol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Carbendazim	191,2	9E - 5	24	29	2	304.5
Cyproconazol	291,8	3.46E-05	25	140	N.D.	107.5
Mancozeb	N.D.	N.D.	25	20	N.D.	204

Fuente: The pesticide manual (1994)

N.D.: no determinado

### **3.10.2.-Distribución de los pesticidas en el ambiente**

#### **3.10.2.1.- El comportamiento teórico**

En la determinación del comportamiento teórico de estos productos de acuerdo al modelo de fugacidad nivel I con valores estándares y con la aplicación de algunas propiedades medio ambientales de la cuenca, se obtuvo que una alta mayoría de los productos se fugaron principalmente al compartimiento del agua y como segunda

preferencia al compartimiento del suelo, lo que se expresa en los altos porcentajes encontrados para dichos compartimentos (Tabla XXXII y Tabla XXXIII).

**Tabla XXXI.-** Distribución de los pesticidas en el ambiente de acuerdo al modelo de fugacidad nivel I en su forma estándar.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua</b>	<b>Suelo</b>	<b>Sedimento</b>	<b>Sedimento suspendido</b>	<b>Biomasa acuática</b>	<b>Aerosol</b>	<b>Agua + sedimento</b>
Mcpa	8,07 E -05	63,6288	35,5542	0,7901	0,0247	0,0020	4,89E-05	64,4189
Clodinafop propargil	0,0047	83,7021	15,8480	0,3522	0,0110	8,95E-04	0,0811	84,0543
Metsulfuron metil	0,0025	55,1897	9,75E-04	2,17E-05	6,77E-07	5,51E-08	44,8067	55,1897217
Triasulfuron	97,5580	2,4414	5,69E-04	1,26 E-05	3,95E-07	3,21E-08	8,92E-07	2,4414126
Flouro cloridone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Glifosato	2,84 E -09	99,9977	0,0022	4,94E-05	1,54E-06	1,26E-07	6,34E-10	99,9977
Diclofop metil	0,0620	2,8350	94,9041	2,1090	0,0659	0,0054	0,0187	4,944
Picloram	9,28 E-04	99,9184	0,0789	0,0018	5,48E-05	4,45E-06	1,79E-05	99,9202
Haloxypop metil	0,0562	8,6192	89,2697	1,9838	0,0620	0,0050	0,0042	10,603
2,4 D	0,1574	99,8264	0,0157	3,49E-04	1,09E-05	8,88E-07	1,24E-04	99,8267
Paraquat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Iodosulfuron metil sodio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Azinfos metil	0,0229	54,7425	44,2143	0,9825	0,0307	0,0025	0,0045	55,725
Lambdacihalotrina	0,0400	0,0110	97,6908	2,1709	0,0678	0,0055	0,0138	2,1819
Clorpirifos	0,2619	1,9199	95,6140	2,1248	0,0664	0,0054	0,0076	4,0447
Tebuconazole	4,63E-05	18,0489	80,1101	1,7802	0,0556	0,0045	6,34E-04	19,8291
Triadimenol	1,87E -06	46,7175	52,0856	1,1575	0,0362	0,0029	3,55E-04	47,578
Epoxiconazol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbendazim	0,0116	96,2266	3,6773	0,0817	0,0026	2,08E-04	2,54E-05	96,3083
Cyproconazol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mancozeb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: no determinado.

**Tabla XXXIII.-** Distribución de los pesticidas en el ambiente de acuerdo al modelo de fugacidad nivel I considerando algunas propiedades reales relevantes del medio ambiente.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua</b>	<b>Suelo</b>	<b>Sedimento</b>	<b>Sedimento suspendido</b>	<b>Biomasa acuática</b>	<b>Aerosol</b>	<b>Agua + sedimento</b>
Mcpa	1,36E-05	58,2883	41,0334	0,013	0,0867	0,5522	0,0264	58,3013
Clodinafop propargil	9,29E-04	48,3905	0,0283	0,0063	0,0423	0,2691	51,2626	48,3968
Metsulfuron metil	1,77E-06	4,19E-05	7,17E+06	9,36E+10	6,29E-09	3,99E-08	99,99	9,36E+10
Triasulfuron	99,983	0,0043	0,0097	1,26E-06	8,45E-06	5,38E-05	0,0029	4,301E-03
Flouro cloridone	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Glifosato	1,36E-06	91,1884	9,6945	0,0023	0,0154	0,0984	9,74E-04	91,1907
Diclofop metil	0,0038	2,95E-04	95,7192	0,0125	0,0836	0,5323	3,6484	0,012795
Picloram	0,0603	84,9902	11,1261	0,0111	0,0742	0,0047	3,7334	85,0013
Haloxifop metil	0,0038	9,88E-04	98,9993	0,0129	0,0864	0,0055	0,8911	0,013888
2,4 D	15,9367	26,4118	17,3289	0,0034	0,0231	0,1469	40,1493	26,4152
Paraquat	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Iodosulfuron metil sodio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Azinfos metil	0,003	57,0125	20,4144	0,0127	0,0851	0,5417	1,9306	57,0252
Lambdacialotrina	0,0024	1,13E-06	96,7153	0,0126	0,0844	0,5378	2,6474	0,01260113
Clorpirifos	0,0161	18,9199	80,8323	0,0128	0,0854	0,5441	1,5091	18,9327
Tebuconazole	3,45E-06	30,1949	69,1949	0,0129	0,0866	0,5516	0,1516	30,2078
Triadimenol	2,15E-07	30,2089	69,2181	0,0129	0,0866	0,5517	0,1306	30,2218
Epoxiconazol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Carbendazim	0,0187	63,2675	35,9325	0,0129	0,0864	0,5502	0,1318	63,2804
Cyproconazol	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mancozeb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: no determinado.

### **3.11.- Evaluación de los pesticidas para la aplicación de monitoreo.**

Con el fin de predecir el riesgo ambiental de la contaminación de los pesticidas sobre las aguas del Estero Peupeu, (Figura 11) se generaron matrices en la que se evaluó el riesgo de cada pesticida en el medio ambiente considerando cinco variables: Toxicidad acuática, persistencia, carga total, porcentaje de partición en agua y sedimento y el

número de propietarios que aplicó el pesticida (Tabla XXXIV). Los resultados obtenidos al aplicar el modelo de fugacidad nivel I con valores estándares y con valores reales del ambiente se visualizan en la Tabla XXXV y Tabla XXXVI. De donde se obtuvo que los tres pesticidas con los puntajes más altos correspondieron a: Glifosato, Mcpa y Carbendazim.

**Tabla XXXIV.-** Persistencia y toxicidad de los pesticidas.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Toxicidad Lc 50 (mg/l)</b>	<b>Persistencia t<sub>1/2</sub> (d)</b>
Mcpa	232	120
Clodinafop propargil	0,39	20
Metsulfuron metil	150	20
Triasulfuron	100	35
Glifosato	86	45
Diclofop metil	0,23	37
Picloram	19,3	30
Haloxifop metil	0,38	330
2,4 D	1,1	1
Azinfos metil	0,02	6
Lambdacihalotrina	0,29	30
Clorpirifos	0,003	84
Tebuconazole	6,4	120
Triadimenol	14	375
Carbendazim	0,83	360

Fuente: The pesticide manual (1994)

**Tabla XXXV.-** Matriz de evaluación del riesgo ambiental de cada pesticida considerando valores estándares para el modelo de fugacidad.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>R</b>
Mcpa	3	1	5	3	5	225
Clodinafop propargil	1	5	1	5	1	25
Metsulfuron metil	1	1	3	3	3	27
Triasulfuron	1	1	1	1	1	1
Fluorocloridone	-	-	-	-	-	-
Glifosato	5	1	3	5	5	375
Diclofop metil	1	5	3	1	1	15
Picloram	1	1	3	5	1	15
Haloxifop metil	1	5	1	1	1	5
2,4 D	1	3	1	5	1	15
Paraquat	-	-	-	-	-	-
Iodosulfuron metil sodio	-	-	-	-	-	-
Azinfos metil	1	5	3	3	1	45
Lambdacihalotrina	1	5	3	1	1	15
Clorpirifos	1	5	3	1	1	15
Tebuconazole	1	3	5	1	1	15
Triadimenol	1	1	5	3	1	15
Epoxiconazol	-	-	-	-	-	-
Carbendazim	1	5	5	5	1	125
Cyproconazol	1	1	3	-	1	-
Mancozeb	1	3	1	-	1	-

C: carga; T: toxicidad; P: persistencia; M: agua + sedimento; R: riesgo.  
Modificado de Barra (1993).

**Tabla XXXVI.-** Matriz de evaluación del riesgo ambiental de cada pesticida, considerando propiedades ambientales reales al aplicar el modelo de fugacidad.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>R</b>
Mcpa	3	1	5	3	5	225
Clodinafop propargil	1	5	1	3	1	15
Metsulfuron metil	1	1	3	1	3	9
Triasulfuron	1	1	1	1	1	1
Fluorocloridone	1	-	-	-	-	-
Glifosato	5	1	3	5	5	375
Diclofop metil	1	5	3	1	1	15
Picloram	1	1	3	5	1	15
Haloxifop metil	1	5	1	1	1	5
2,4 D	1	3	1	1	1	3
Paraquat	1	-	-	-	-	-
Iodosulfuron metil sodio	1	-	-	-	-	-
Azinfos metil	1	5	3	3	1	45
Lambdacihalotrina	1	5	3	1	1	15
Clorpirifos	1	5	3	1	1	15
Tebuconazole	1	3	5	1	1	15
Triadimenol	1	1	5	1	1	5
Epoxiconazol	1	-	-	-	-	-
Carbendazim	1	5	5	3	1	75
Cyproconazol	1	1	3	-	1	-
Mancozeb	1	3	1	-	1	-

C: carga; T: toxicidad; P: persistencia; M: agua + sedimento; R: riesgo.  
Modificado de Barra (1993).



**Figura 11.-** Curso de agua de la Cuenca del Estero Peupeu.

### **3.11.1.- Pesticidas para muestreo.**

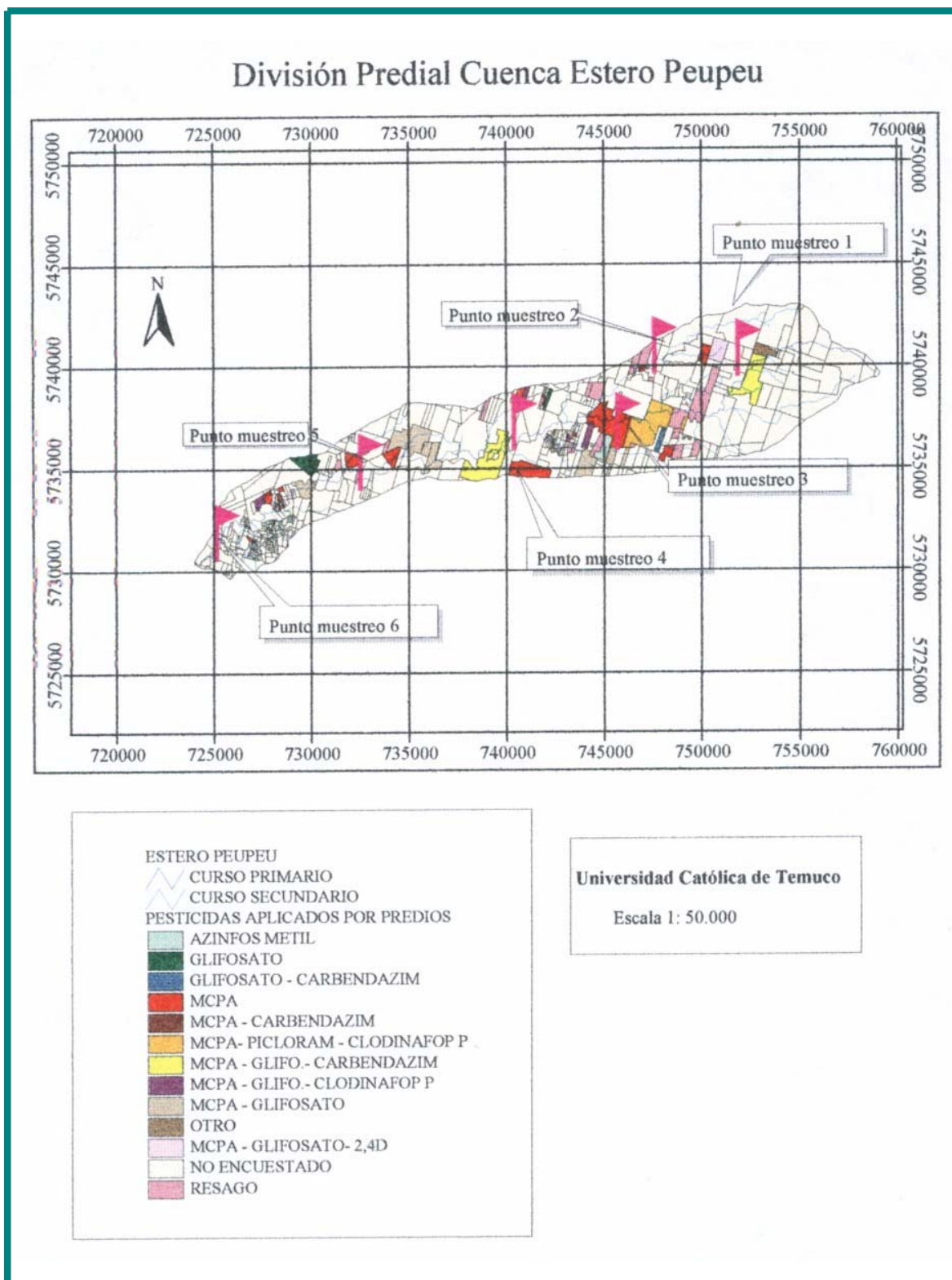
El número de pesticidas que se recomienda para muestreo dependerá principalmente de los recursos económicos con los que se cuente al momento de aplicar el muestreo y de los objetivos o finalidad que se desee alcanzar, sin embargo para esta cuenca se recomienda el monitoreo en primera instancia de los pesticidas Glifosato, Mcpa y Carbendazim y en segunda instancia, Azinfos metil, Clodinafop propargil, Picloram y el 2,4 D considerando el destino ambiental (agua) obtenido al aplicar el modelo de fugacidad y el mayor puntaje alcanzado en la matriz de riesgo.

### **3.11.2.- Puntos de muestreo**

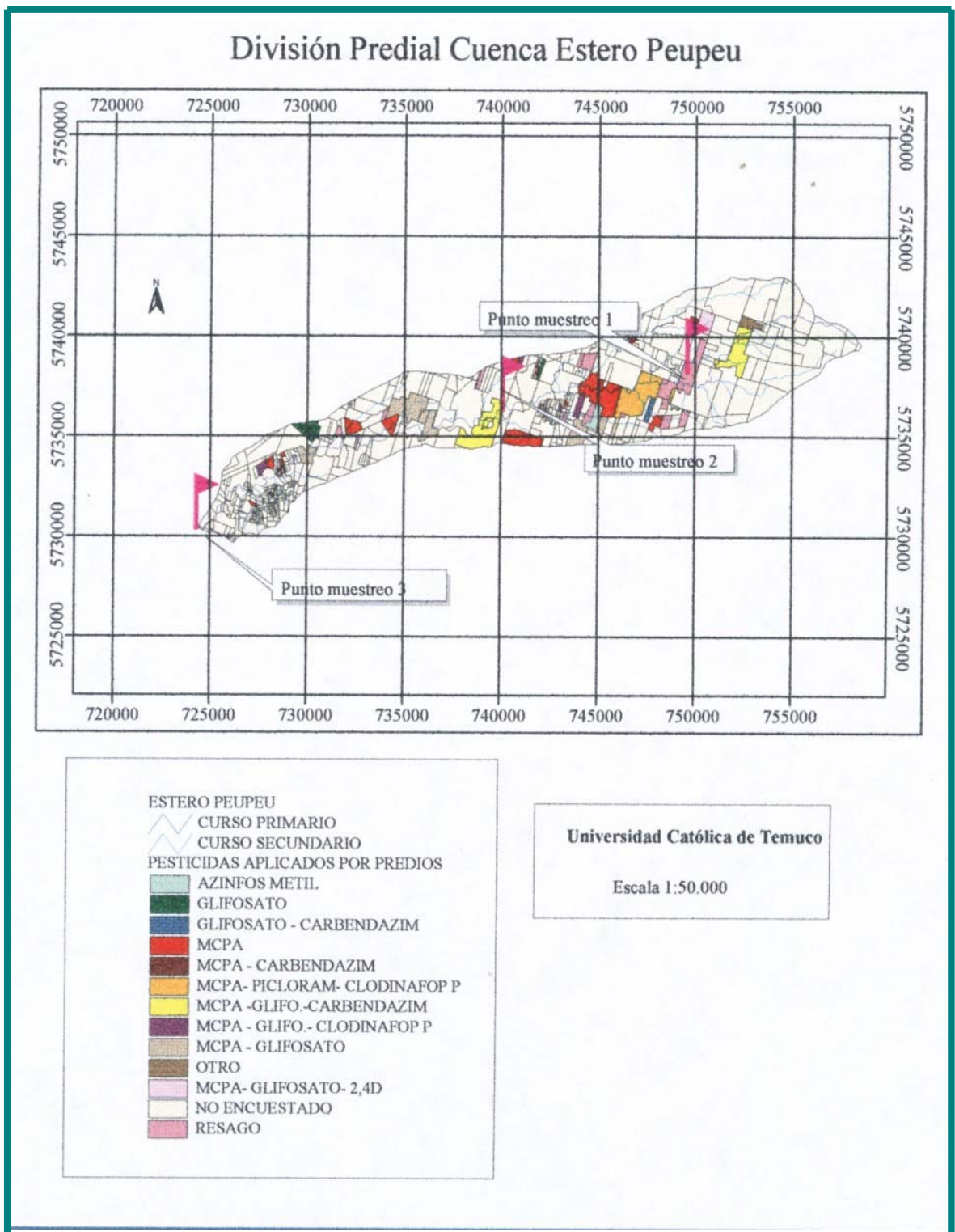
Se determinaron dos alternativas para monitorear los pesticidas presentes en el curso de agua de la cuenca. La primera alternativa contempla seis puntos de muestreo en diferentes partes de la red hídrica (Tabla XXXVII) identificados por medio de

coordenadas los cuales se visualizan en la Figura 12, y una segunda alternativa que incluye tres puntos de muestreo localizados a lo largo del cauce principal (Figura 13) donde se consideran tres replicas en el antes, durante y después de una aplicación de pesticidas (Tabla XXXVIII). Además, se considero un punto control del curso de agua el cual se fijo en la cabecera de la cuenca.

La elección de una u otra alternativa para el monitoreo, dependerá no solo del tiempo con que se cuente para un eventual estudio y monitoreo, sino que también del recurso económico que se cuenta para dichos análisis, ya que el costo del análisis de cada muestreo por cada tipo de pesticida de acuerdo al centro EULA de Concepción y el laboratorio de Agroindustria de la Universidad de la Frontera de Temuco se estima en UF, y el análisis por cada ingrediente activo tiene un costo equivalente a 4 UF.



**Figura 12.-** Mapa división predial con seis puntos de muestreo.



**Figura 13.-** Mapa división predial con tres puntos de muestreo.

**Tabla XXXVII.-** Puntos de muestreo (primera alternativa).

N° de puntos de muestreo	Coordenadas en UTM		Sector
	X	Y	
1	725.800	5.731.800	Sta Teresa
2	733.900	5.735.100	Laurelito
3	740.800	5.736.700	Rd Quidel
4	743.500	5.737.400	Rd Pichinao
5	746.100	5.737.100	Chumil
6	747.100	5.740.200	Rd Chumil

**Tabla XXXVIII.-** Puntos de muestreo (segunda alternativa).

N° de puntos de muestreo	Coordenadas en UTM		Sector
	X	Y	
1	725.800	5.731.800	Sta Teresa
2	740.800	5.736.700	Rd Quidel
3	751.800	5.740.100	El Bosco

### **3.11.3.- Periodo de muestreo**

Considerando el periodo de aplicación de los pesticidas junto con los periodos de máxima precipitación y el tiempo de persistencia en el ambiente se determino el periodo de muestreo de los pesticidas, sin embargo, también se debe considerar los meses en que baja el caudal del estero (Tabla XXXIX).

**Tabla XXXIX.-** Periodo recomendado para muestreo.

<b>Ingrediente activo</b>	<b>Periodo de aplicación</b>	<b>Pluviometría media (mm)</b>	<b>Persistencia (Días)</b>
Glifosato	Abril – Mayo	40,8 – 63,7	37
	Agosto – Octubre	87,5 – 107,6	
Mcpa	Agosto – Octubre	87,5 – 107,6	90 – 120
Carbendazim	Agosto – Septiembre	87,5 – 51,4	180 – 360
Azinfos metil	Abril – Mayo	40,8 – 63,7	30
Clodinafop propargil	Agosto – Septiembre	87,5 – 51,4	5 – 20
2,4 D	Abril - Mayo	40,8 – 63,7	7

#### 4.- DISCUSION

De acuerdo a Barra (1993), considerar la cuenca hidrográfica como unidad de estudio, facilita todo el proceso de análisis de esta misma debido a que lo centraliza en un solo recurso natural, donde la forma de la cuenca es también un dato fundamental en los análisis del medio, dando lugar a muchas restricciones y posibilidades, tomando importancia el tipo de drenaje, las características del relieve y el tipo de pendiente que esta presente en el área, dado a que pueden favorecer o limitar el desarrollo de ciertas actuaciones (MOPT, 1992). La forma oblonga que presenta la cuenca del Estero Peupeu genera que el agua discurra en general por un solo cauce principal, por lo que la duración del escurrimiento es menor con respecto a cuencas de formas ovaladas. Su densidad media refleja una cuenca con un moderado drenaje el cual se ve incrementado en la serie de suelo Metrenco, donde se produce un buen drenaje con predominio del suelo franco arcillo limoso. Sin embargo, la densidad de drenaje aparece disminuida en la serie de suelo Misceláneo de Pantano la cual presenta un difícil drenaje durante todo el año. Este predominio de la densidad media genera una respuesta media de la cuenca frente a un periodo de lluvia o tormenta, evacuando el agua en un tiempo relativamente moderado. De acuerdo al MOPT, *op cit.*, un suelo de drenaje medio se satura de agua solo por pocos días seguidos, por lo que las raíces de los cultivos no resultarían dañadas.

En la actualidad la actividad agrícola ha experimentado en las últimas décadas importantes procesos de transformación, lo cual ha significado un aumento de las áreas plantadas tanto en productos de consumo humano, forrajero y forestal. Esta situación ha implicado un aumento en la liberación de sustancias químicas, o plaguicidas ya sean naturales o de síntesis, imprescindible para el control de plagas principalmente en los

procesos de producción intensivos (Enríquez, 2001). Esta situación se ve fuertemente reflejada en las áreas cultivadas de la cuenca, por ello que en muchos casos y según las condiciones expuestas, una cantidad importante de los plaguicidas en una aplicación es derivado a los suelos y aguas cercanas causando inevitablemente la contaminación de estos y en consecuencia efectos adversos sobre los ecosistemas de esos compartimentos (Enríquez, *op cit.*). El problema de la contaminación por plaguicidas en la cuenca y en otros sectores agrícolas de la región, es que es cada vez más grave tanto por la cantidad y diversidad como por la resistencia a ellos que adquieren algunas especies, lo que ocasiona que se requiera cada vez mayor cantidad del plaguicida para obtener el efecto deseado en las plagas. Sin embargo, la flora y fauna oriundas es afectada cada vez más destruyendo la diversidad natural de las regiones en que se usan. Además pueden ser consumidos por el hombre a través de plantas y animales contaminadas (Dethier, 1980; Téllez, 2002).

La cuenca del Estero Peupeu es una cuenca de uso mayoritariamente agrícola donde el cultivo principal entre los dueños prediales es el trigo (Figura 9) por lo que en la actualidad solo quedan algunos remanentes de su antigua vegetación correspondiente a bosques nativos de especies como el Roble y el Coihue y donde solo una pequeña proporción de la superficie predial esta dedicada al rubro forestal. Frente a esta situación Bifani (1999), sostiene que la agricultura altera inevitablemente el suelo, ya que los cultivos obligan a remover la vegetación

natural, donde en ocasiones implican la eliminación total de la cubierta vegetal original y la eliminación de especies y/o variedades nativas, donde la producción de cereales en la agricultura moderna mecanizada ha sido la responsable de la eliminación no solo de

la vegetación original, sino además de los setos y árboles que en un tiempo fueron plantados alrededor de tierras arables perdiéndose con ello el hábitat de diversas especies vegetales y animales, además de funciones micro climáticas en relación con los vientos y la evaporación, o antierosivas en relación con el suelo. El uso predominante de la actividad agrícola en la cuenca, ocasiona un uso continuo de pesticidas y fertilizantes como una única medida de poder combatir las plagas y nutrir los suelos desgastados por dicha actividad. La búsqueda y el deseo de obtener buenos rendimientos al momento de la cosecha genera el incremento sustancial y continuo de fertilizantes y pesticidas, donde su utilización, sin duda, es un factor fundamental en la expansión de la producción agrícola (Bifani, 1999). Sin embargo, el sector forestal de la cuenca se caracteriza por presentar plantaciones maduras que si bien requieren de la aplicación de determinados productos químicos, al momento de la encuesta no se encontraban en los periodos de aplicación de estos productos.

En general la cuenca esta dominada por suelos de clase III, IV, VII (Anexo 2) los cuales presentan limitaciones en el uso agrícola y restricciones en la elección de los cultivos por lo que exigen practicas de conservación al momento de cultivar los suelos, situación que se ha visto reflejada en varios predios de topografía moderadamente inclinada que han sido asesoradas con técnicas de conservación por instituciones del INDAP y PRODER.

La FAO señala que los suelos aptos para uso agrícola son solo un porcentaje relativamente reducido de las disponibilidades globales de suelos. Aproximadamente 70% de la tierra disponible dista mucho de ser ideal para la producción agrícola y, por lo

tanto, requiere mejoras de diferentes tipos. Solo un 11% de los suelos del mundo están libres de limitaciones serias para el uso agrícola (Bifani, 1999; Nebel *et al.*, 1999).

Si bien en la cuenca las capacidades de uso de suelo han permitido el desarrollo de cultivos agrícolas en todo el área de estudio, la actividad forestal aunque presente solo en la parte alta de la cuenca, presenta menos restricciones y es la más adecuada para suelos de clase VII que como se mencionó anteriormente, es uno de los suelos que predomina dentro de la cuenca. La parte baja de la cuenca se caracteriza por presentar una mayor parcelación predial lo que se debe en su mayoría a la alta presencia de comunidades indígenas donde se destaca la presencia de predios de la categoría pequeña y de subsistencia (Tabla XIII). De acuerdo a Nelba (2001), los agricultores de subsistencia, que representan a la gran mayoría de la población rural, viven en pequeños predios donde los problemas de degradación de los suelos son evidentes en una gran proporción de las áreas agrícolas del mundo y generalmente se acentúan en aquellas donde predomina el minifundio. Este segmento de agricultores suele ocupar zonas marginales y expuestas al deterioro, y ejerce una fuerte presión sobre sus recursos, producto de la alta subdivisión de la propiedad, hecho que no es ajeno al sector de estudio. Por otra parte la pobreza de los pequeños productores determina que su prioridad sea producir alimentos para su subsistencia independiente de la capacidad de uso que presente el suelo (Bifani, 1999; Nebel *et al.*, 1999; Nelba, *op cit.*).

En la parte alta de la cuenca predominan predios de la categoría media a grande caracterizados por una mayor superficie y donde se debe considerar una mayor cantidad de pesticidas aplicados a los cultivos. Los pesticidas se clasifican de acuerdo con el grupo de organismos que eliminan y ninguno de estos agentes es del todo específico para los organismos que está destinado a controlar, y todos ellos plantean riesgos a otros

seres vivos, entre ellos los humanos por lo que resalta su capacidad de poner en peligro a muchas formas de vida (Nebel *et al.*, 1999).

En el área de estudio los propietarios agrícolas optaron por el uso de 24 marcas comerciales de pesticidas con un total de 22 ingredientes activos donde sobresale el uso de herbicidas (Tabla XV) con ingredientes activos peligrosos para el hombre como el Glifosato, herbicida derivado del ácido fosforico y que tiene un alto grado de toxicidad (Rosas, 1995). Herbicidas con el ácido fenoxiacetico como el 2,4 D y el Mcpa que poseen dioxinas (sustancias extremadamente toxicas aun en ínfimas cantidades), dos grupos organofosforados (Azinfos metil, Clorpirifos) y del grupo bupiridilo (Paraquat).

Dentro de la totalidad de los pesticidas empleados en el área de estudio, la mayoría es de acción sistémica, lo que le otorga protección a la planta mediante la absorción del compuesto y tras locación a otras partes del organismo (Campos, 1987). De los pesticidas aplicados en el área de estudio y a pesar de la mayor peligrosidad que presentan algunos, existe una alta frecuencia en la aplicación de ciertos productos en los 6 cultivos (trigo, avena, cebada, tritical, lupino y empastada) presentes en el área de estudio, donde el herbicida Rango (Glifosato), resulto ser el producto mas frecuente en la aplicación del cultivo del trigo.

La aplicación de los pesticidas esta en estrecha relación con el tipo de cultivo que se desea desarrollar. En el caso del trigo la aplicación de estos productos y con mayor demanda los herbicidas, se realiza en los meses de Agosto y Septiembre, meses que marcan el inicio de la primavera y por ende el resurgimiento de plagas de insectos y malezas. Por esta razón, los campesinos deben librar una batalla constante contra los insectos, los agentes patógenos de los vegetales y las hierbas malas que compiten por el uso biológico de cultivos y animales (Nebel, *op cit.*).

En general se pudo observar que las mayores cargas aportadas de pesticidas para la muestra predial de la cuenca se encontraban en aquellos predios con mayores superficies con desarrollo de cultivo (Tabla XXII) y por ende presentaban una mayor dosis promedio de aplicación, donde el ingrediente activo Glifosato alcanzo un promedio de 17.55 Kg lo que equivale al 44.95 % de los productos aplicados para el trigo y representa el 46,43% del total de la carga aportada a la cuenca (Tabla XXI). Dado que el cultivo de trigo representa la mayor área cultivable para la muestra predial 60,30% las cargas aportadas por cada pesticida a dicho cultivo representa el 92,24% del total del área cultivada. A nivel de cuenca y considerando los 6 cultivos desarrollados en el área de estudio (Tabla XXIII), se estima que se aplican 17.155,33 Kg de pesticida para una superficie de 15.586 ha lo que equivale a 1,10 Kg de pesticida por hectárea. Sin embargo, a pesar de haberse considerado dos aplicaciones de cada pesticida por cultivo, es probable que las cargas aportados a la cuenca puedan ser mayores si se considera que un total de 328,24 ha de superficie para la muestra predial se encontraba en rezago, situación que puede cambiar de un año al otro, al igual que la aplicación de productos químicos a las plantaciones forestales las cuales al momento de la encuesta no estaban siendo tratadas por ningún tipo de producto. También deben ser consideradas la aparición o aumento de las plagas y del capital con el que pueda contar el propietario al momento de afrontar dicha situación, ya que generalmente se recomienda la aplicación de herbicidas tres veces en el año y en la cuenca solo se realizaban por lo general dos aplicaciones.

El uso de los suelos para la actividad agrícola genera una reducción en la calidad de los suelos en términos de fertilidad y daños en la estructura del ecosistema (Bifani, 1999). De igual manera la fertilidad de los suelos de la cuenca ha ido bajando en una buena proporción, generando un menor rendimiento y cosecha de los cultivos y obligando al propietario a recurrir a la aplicación de diferentes fertilizantes que le permitan enriquecer sus tierras. De esta manera 81 propietarios de la muestra predial equivalente al 66,94% de un total de 121 propietarios sometidos a encuesta reconocieron haber aplicado algún producto para nutrir sus suelos (Tabla XXVI), donde los productos mas usados resultaron ser Urea, Supernitro y Superfosfato triple (Tabla XXV).

El deterioro de los suelos se manifiesta en la reducción de las cantidades de humus y nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos, así como en cambios estructurales de los suelos. Estas modificaciones se asocian con los deterioros que causan las descargas, cada vez mayores, de elementos tóxicos y su larga permanencia en el sistema. Por último, hay que considerar la pérdida de algunos eslabones de la cadena alimentaría debido a la concentración en pocas especies (Bifani, 1999; Nebel *et al.*, 1999).

Nebel, *op cit.*, señala que cuando se emplearon por primera vez los fertilizantes, por cada tonelada utilizada se ganaban 15 a 20 toneladas adicionales de granos. Ahora los agricultores vienen consumiendo cantidades casi óptimas de abonos químicos, pero la ganancia es de menos de dos toneladas por cada tonelada adicional de éstos. Este mismo efecto se ha ido generando en los suelos de la cuenca y se refleja en la elevada carga (6.329.770 Kg) que los propietarios aplican a sus tierras.

Dentro de los cultivos presentes en la cuenca, el trigo es el cultivo al cual se le aplica una mayor cantidad de productos fertilizantes, puesto que ocupa una mayor superficie cultivada. De acuerdo a Bifani (1999), en los países en desarrollo, los cereales son los que absorben la mayor cantidad de fertilizantes. Es por ello que en la cuenca son la Urea, la Mezcla y la Cal los productos más utilizados (para nutrir y regular el pH ácido) en proporciones de 27,15 %; 19,82 % y 15,54 % respectivamente (Tabla XXVIII). Para sostener un buen campo de cultivo el suelo debe tener un suministro adecuado de nutrientes y poseer la capacidad de retenerlos; permitir la infiltración y tener buena capacidad de retención de agua, así como resistencia a la pérdidas por evaporación; contar con una estructura porosa que facilite la aireación; tener un pH mas o menos neutral; y poseer un contenido bajo de sales (Nebel *et al*, 1999). El pH natural de los suelos depende en gran medida del tipo de clima bajo el cual se forma un suelo, por lo que en climas lluviosos predominan los suelos ácidos. La acidez de los suelos presenta importantes inconvenientes, ya que cuando es excesiva disminuye los rendimientos, aumenta las necesidades de fertilizantes, y para corregirla se requiere aplicar cal en cantidades considerables generando una mayor dispersión en el ambiente que puede resultar en problemas de eutricación de aguas superficiales y contaminación de aguas subterráneas (Freres, 1997; Bifani, *op cit.*). La aplicación de los fertilizantes como Supernitro para el cultivo de trigo y avena se aplico en los meses de Junio y Julio al preparar la tierra para la siembra, mientras que la Urea se aplico ya a principios de primavera en los meses de Agosto y Septiembre.

Los expertos señalan que, por lo general, entre 30% y 60% del nitrógeno aplicado es directamente absorbido en los tejidos del cultivo. Para la mayoría de los cultivos de grano es normal que entre un cuarto y la mitad del nitrógeno absorbido regrese al suelo

en forma de residuos del propio cultivo. La otra mitad del nitrógeno absorbido es removido junto a 40 % con la cosecha. Otro 20% a 40% regresa al suelo en diferentes residuos, y 20% a 40% restantes se pierde en el medio ambiente con el agua o en forma de gas en la atmósfera, siendo causa de contaminación nitríca (Aguila, 1987; Bifani, 1999.). En la cuenca se han aplicado en diferentes cantidades variados productos de fertilizantes con la finalidad de contrarrestar el deterioro de los suelos, (Tabla XXVIII) dejando en evidencia los variados productos que existen para nutrir el suelo y la creciente necesidad de adquirir sus propiedades para lograr un resultado satisfactorio con los cultivos. El problema con los fertilizantes químicos es que carecen de materia orgánica que sustente a los organismos y logre formar la estructura del suelo (Nebel *et al.*, 1999).

La degradación de los suelos, o sea “la pérdida total o parcial de su capacidad productiva, tanto para su utilización presente como futura”, se debe fundamentalmente de acuerdo a lo señalado por Bifani *op cit.*, a los procesos de erosión, sedimentación, anegamiento, salinización, alcalinización, contaminación química, uso indiscriminado de fertilizantes, herbicidas, pesticidas y uso inadecuado del recurso. Donde el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados va en aumento y la producción agro ecológica o sustentable como método general, es todavía un propósito a largo plazo. La incapacidad de dar a cada planta sólo los nutrientes que requieren y consumen es una limitante muy importante. Todos los días se adiciona a los campos de cultivo, más fertilizantes químicos que los que requiere. En la cuenca los mayores aportes de cargas de fertilizantes correspondieron al producto Urea con 2.053.507 Kg representando el 32,44 %, Mezcla con 1.522.821 Kg equivalente al 24,06 % y la Cal con 1.010.590 Kg correspondiente al 15,97 % del total de los productos aplicados al área de estudio. Es

por esto que los aspectos ambientales del uso del agua en agricultura no se limitan solo a los volúmenes demandados, sino sobre todo en las ultimas tres décadas, a la creciente contaminación resultante del uso de fertilizantes, a los efectos de salinización de los suelos por ineficiente uso y excesiva descarga de agua de riego (Campos, 1987; Bifani, 1999).

Económicamente puede ser justificable fertilizar los suelos, pero pueden acotarse otras consideraciones, que si se ponen en la balanza junto con los beneficios económicos, pueden inclinarla en otro sentido. Algunas de estas consideraciones pueden referirse al efecto de los fertilizantes en las aguas de las cuencas y en la vida silvestre. Pero la mayor parte de esos efectos se encuentran aún en estudio. Sin embargo, hay un hecho muy claro que debe tomarse en cuenta a nivel mundial, y con mayor razón en países como Chile: los fertilizantes son caros y, sobre todo, escasos, particularmente los del fósforo (Donoso, 1994). Por otra parte los altos volúmenes de aplicación de pesticidas y la toxicidad que generan ciertas practicas agrícolas incorrectas como las aplicaciones innecesarias, transporte y almacenamiento en condiciones inapropiadas, el lavado de equipos y maquinarias en los ríos y la disposición inadecuada que se hace de los envases agravan la condición de los cursos de agua (Loewy, 2000).

Existe una amplia variedad de equipos para la aplicación de pesticidas, los cuales pueden ser simples o complejos, donde en la selección del equipo o metodología de aplicación ya sea terrestre o aéreo de los productos, influirá directamente el tamaño, el tipo de área a tratar, tipo de plaga, la formulación del plaguicida, la precisión de la aplicación que se requiera y la disposición monetaria para dicha aplicación (Campos, 1987; ODEPA - SAG - RPC, 1999). De esta manera en la cuenca la aplicación de los

productos por los propios trabajadores del predio sobresale ante la aplicación que la realiza el mismo propietario del predio con un 61,53 % sobre un 38,46 % respectivamente. El uso mayoritario del tractor esta relacionado directamente con el tamaño predial y extensión de los cultivos. El uso de equipos manuales de espalda aunque presente en un menor porcentaje es muy utilizado por pequeños propietarios por ser equipos más económicos y con capacidades de 10 a 20 litros de solución que van acorde con las necesidades de pequeños productores (ODEPA- SAG- RPC, 1999.).

En la cuenca un alto porcentaje de propietarios agrícolas no almacena los productos seleccionados para aplicar a sus cultivos, sino que compran al momento de la aplicación, sin embargo, existe un pequeño porcentaje que si almacena productos químicos en el campo o dentro de la casa, demostrando un bajo conocimiento de los riesgos que dicha acción conlleva a su salud, puesto que es recomendable mantener los envases en cuartos aislados, bien cerrados y los envases etiquetados (ODEPA – SAG – RPC, *op cit.*). De igual manera los propietarios agrícolas demostraron un desconocimiento de como proceder al momento de eliminar los envases vacíos de los pesticidas aplicados a los cultivos, ya que un porcentaje alto de los dueños prediales (72,22%) correspondientes a los cuatro estratos de producciones agrícolas optaba por quemarlos inmediatamente después de su vaciamiento. Este tipo de acciones demuestra que es una practica habitual entre los propietarios y que sigue siendo un problema no resuelto dentro de las practicas agrícolas.

La quema de los envases genera residuos tóxicos que se dispersan por el aire y generan una contaminación atmosférica que perjudica al medio ambiente. El porcentaje restante de los propietarios agrícolas opta por enterrarlos (9,72 %) o los bota en el campo (12,15

%) lo que contribuye a la contaminación de cursos de agua subterráneo. El manejo inapropiado de los productos químicos por los propietarios agrícolas de nota la falta o la poca asistencia con la que cuentan la mayoría de los productores en la cuenca en relación a como actuar y de las medidas que deben seguir al momento de manipular sus pesticidas. Es por esta razón que la muestra en la zona de estudio arrojó un 43 % de propietarios que no recibe ningún tipo de información o asesoramiento sobre el uso de los pesticidas durante el establecimiento y el desarrollo del cultivo agrícola. Por lo tanto este mismo porcentaje de propietarios agrícolas solo se guían por las instrucciones que indica la etiqueta, la cual si se sigue de manera indicada da a conocer al usuario del pesticida en forma clara y sencilla no solo los elementos esenciales para el control de los organismos dañinos sino también las precauciones que deben observarse para que su uso resulte lo mas seguro posible (ODEPA- SAG- RPC, 1999). De esta manera un 93 % de los usuarios sigue correctamente las indicaciones de la etiqueta, mientras que un 6,94 % de los productores agrícolas aplican la dosis que estiman conveniente haciendo caso omiso a las indicaciones que allí se señalan. Estos propietarios desconocen que si se usa una dosis de aplicación más alta, es posible que dañen el cultivo, generen residuos dañinos, exceso de deriva del producto o daño a plantas o animales no incluidos en el tratamiento y que si usan dosis menores, el tratamiento puede ser no efectivo (Campos, 1987; ODEPA- SAG- RPC, *op cit.*). Frente a esto Núñez (2003), señala que si bien nos hemos adecuado a las exigencias internacionales respecto de la sanidad del producto, se destaca que el problema está en el manejo y utilización de estos elementos, donde constantemente se arriesga la salud de los trabajadores y el medioambiente. El grado de conocimiento que manejan los productores agrícolas con respecto si existen o no productos prohibidos y cuales productos corresponden a esta prohibición es bajo, donde

solo el 15,27 % de la muestra estudiada de la cuenca reconoció saber poco respecto al tema y no conocían los nombres de aquellos productos prohibidos.

Frente a un pesticida dañino para el agua como recurso y el medio ambiente un 52,77 % de los productores agrícolas sostuvo que lo cambiaría por otro, demostrando que no están dispuestos a renunciar al uso de este tipo de productos al momento de enfrentar alguna plaga en sus cultivos, un 40,27 % en cambio sostuvo que lo dejaría de usar dejando abierta la posibilidad de que estarían dispuestos a emplear algún otro método que presente la misma eficiencia al combatir las plagas, lo que en consecuencia podría generar menor daño y contaminación al recurso agua y al medio ambiente. Solo un pequeño porcentaje de los propietarios encuestados (6,94 %) afirmaron que lo seguirían usando a pesar de los daños que puedan causar al recurso agua o al medio ambiente en general, dejando en evidencia que aun falta enfatizar acerca de los riesgos para la salud del hombre asociados al mal uso de estos productos y crear una mayor conciencia con respecto al tema en general.

La presencia de estos productos químicos dañinos en el ambiente provienen principalmente según lo señala Enríquez (2001), de aplicaciones cercanas a aguas superficiales, del riego, lluvias y efectos de deriva, donde la ocurrencia de un evento de lluvia después de dos semanas efectuada la aplicación de pesticidas favorece la pérdida significativa del producto, dependiendo sobre todo de la época de aplicación ya que las pérdidas por escurrimiento son mayores cuando llueve fuertemente e inmediatamente después de una aplicación (Barra, 1993; ODEPA- SAG-RPC, 1999). Los productores agrícolas de la Cuenca Peupeu aplican sus productos en época de invierno y primavera en preemergencia y postemergencia de los cultivos, periodo que de acuerdo a los datos

aportados por la DGA fueron los meses con mayor abundancia de precipitaciones dentro del año 2002. Esta situación favorece la pérdida y el escurrimiento de los pesticidas aplicados desde los sitios de aplicación hasta los cursos de agua vecinos. La cantidad de pesticida que escurra depende entre otros factores de la solubilidad del pesticida, de la pendiente, del tipo de suelo, de la cantidad de agua en el suelo y de la cantidad y tiempo de riego o lluvias después del tratamiento (ODEPA - SAG – RCP, 1999).

El sistema social siempre ha hecho uso del sistema natural, ya sea en la explotación misma de los recursos naturales, o mediante el aprovechamiento de la capacidad de adaptación y asimilación del medio natural. Lo nuevo es la escala en que éste se utiliza a través de una explotación de los recursos naturales cada vez más intensiva y de mayor magnitud, y de la presión creciente sobre las capacidades de asimilación y la resiliencia del sistema natural. Este uso masivo y acelerado de los recursos naturales observado en la cuenca, y la presión sobre los mecanismos naturales de asimilación y resiliencia por los propietarios agrícolas sobre el medio, se lleva a cabo a un ritmo y en una forma tal, que de acuerdo a Bifani (1999), supera los tiempos normales de regeneración y asimilación del sistema natural, resultando en un agotamiento acelerado de recursos y degradación del medio. Por otra parte, la estimación de la carga aportada en la cuenca, determina una potencial llegada de pesticidas al ambiente, ya que no todos los pesticidas aplicados al suelo permanecen fijados al mismo. En efecto, un poco se filtra hacia los depósitos de agua subterránea y de ahí a las reservas de agua potable (Turk *et al.*, 1984), donde el uso preferencial de los herbicidas puede generar una deriva trasladando el herbicida lejos de las malezas tratadas, desperdiciándolo y reduciendo el control sobre las malas hierbas e incrementando la posibilidad de dañar otras plantas así como de

contaminar el suelo y el agua (ODEPA-SAG-RCP, 1999; Enríquez, 2001). La contaminación del agua por pesticidas al ser arrastrados por el agua de los campos de cultivo hasta los ríos y mares se introducen en las cadenas alimenticias provocando la muerte de varias formas de vida necesarias en el balance de algunos ecosistemas. Estos compuestos químicos han provocado la muerte de peces tanto en agua dulce como salada, también se acumulan en los tejidos de algunos peces los que a su vez ponen en peligro la vida de sus consumidores (Navarro *et al.*, 1992; Enríquez, *op cit.*).

El análisis de los mecanismos por los cuales un pesticida puede alcanzar los cursos superficiales de agua, indica que los procesos fundamentales son controlados tanto por factores intrínsecos, es decir, sus propiedades físico químicas (solubilidad en agua, presión de vapor etc.) como por factores extrínsecos o ambientales (erosión, transporte vía escorrentía superficial y subterránea, formas de aplicación, precipitación y persistencia) (Navarro *et al.*, 1992; Barra, 1993).

El tipo de contaminación al recurso agua que genera el uso de los pesticidas en la agricultura es conocida como fuente no puntual o difusa, pero la contaminación de los mantos de aguas superficiales puede ocurrir tanto por fuentes no puntuales como por fuentes puntuales. A pesar de que la mayoría de los esfuerzos, en muchos países se ha enfocado al control de las fuentes puntuales, parámetros como el nitrógeno y fósforo que provienen principalmente de zonas agrícolas se han elevado considerablemente en los últimos años y han alcanzado concentraciones que afectan la salud pública, por ejemplo en el caso de los nitratos en los acuíferos y los ecosistemas por procesos de eutroficación (Izurieta, 2001; Téllez, 2002). La contaminación difusa no surge de una fuente de descargas fija (como un plantel ganadero o industria), sino que se produce a partir de

una suma de aportes desde fuentes diversas, cada una con aportes prácticamente imperceptibles. La contaminación difusa alcanzara una mayor magnitud y mayor daño ambiental, mientras menos se respeten las limitaciones inherentes de los cuerpos naturales (capacidad de uso de los suelos, tiempo de renovación de aguas, por ejemplo) a un uso intensivo, al dejar la toma de decisiones basada exclusivamente en criterios económicos (Téllez, 2002.). Además Barra (1993), señala que las dificultades existentes en el tratamiento de este tipo de problemas (producción agrícola) radica en el carácter no puntual de la fuente de contaminación, lo que impone ciertas restricciones al manejo de este tipo de contaminación en términos de su regulación y control. Las prácticas silbo agropecuarias que más contribuyen a la génesis de este proceso de degradación ambiental, son el uso de fertilizantes, especialmente los nitrogenados, por ser el nitrógeno el nutriente más móvil. El uso de pesticidas, en particular los aplicados directamente al suelo o en suelos con acuíferos o cursos superficiales vulnerables (CONAMA, 2001). Los plaguicidas liberados pueden moverse hacia distintos medios de acuerdo a las condiciones climáticas, características químicas y físicas del plaguicida y de los receptores ambientales. Su persistencia quedara determinada por sus propiedades intrínsecas como por factores ambientales y de las propiedades del compartimiento ambiental en el cual está depositado (Barra, *op cit.*; Enríquez, 2001; Téllez, *op cit.*). Lo que además se ve favorecido por la forma alargada y la densidad de drenaje media que presente la cuenca.

Los plaguicidas son sustancias que permiten eliminar, controlar y manejar plagas, lo que presupone una elevada toxicidad al menos para esos organismos plagas, evidentemente la actividad del plaguicida sobre la especie objetivo no es considerado un problema, ya

que en esa actividad se basa su eficacia y la razón de su utilización, sin embargo los problemas derivan de la falta de selectividad ya que en la liberación de estas sustancias la toxicidad se extiende a otras especies no objetivos. Este posible efecto no intencionado sobre otros organismos, obliga a realizar valoraciones previas a modo de minimizar los impactos sobre estos organismos y los diferentes compartimentos ambientales (Enríquez, 2001.). Considerando que las propiedades físico químicas es uno de los mecanismos intrínsecos por los cuales los pesticidas pueden alcanzar los cuerpos superficiales de agua, el modelo evaluativo de fugacidad nivel I propuesto por Mackay & Paterson (1981) considerando dicho factor permite realizar una determinación preliminar del comportamiento de una sustancia en el ambiente indicando las posibilidades de partición y su afinidad por los diferentes compartimentos ambientales indicando el comportamiento de riesgo. Para la aplicación del modelo se consideraron dos situaciones: Unidad de mundo estándar y unidad de mundo con algunas propiedades reales más relevantes del medio ambiente. Para la unidad de mundo estándar, el modelo considera un ambiente en equilibrio con características definidas por una unidad de mundo con volúmenes conocidos, lo cual resulta ser útil en estudios generales (Screening). En la simulación del modelo (nivel I) al considerar la unidad de mundo con volúmenes conocidos para los pesticidas aplicados en la cuenca, se determino que un total de 8 pesticidas del total de los 15 pesticidas sometidos al modelo, presentaron un porcentaje de distribución entre el 50 y 100 % para el compartimiento agua (Tabla XXXII). Mientras que al considerar en la aplicación del modelo algunas propiedades ambientales de la zona en estudio, los resultados obtenidos fueron similares, encontrándose que del total de los 15 pesticidas sometidos al modelo, 10 presentaron una mayor tendencia a fugarse hacia el recurso agua expresado con un porcentaje que

va desde un 18% hasta un 91% (Tabla XXXIII). Los pesticidas mostraron también una fuerte tendencia a fugarse hacia el compartimiento del suelo. La fugacidad de ciertos pesticidas al recurso suelo, puede deberse al mayor empleo en la cuenca de productos herbicidas, ya que estos requieren en su tratamiento de una aplicación directamente al suelo, generándose de esta manera una mayor presencia de pesticidas en este compartimiento (Navarro *et al.*, 1992; Frere, 1997). También puede deberse a los altos valores de coeficiente octanol agua que presentan algunos de los pesticidas ya que su alto valor genera una mayor afinidad hacia la fase orgánica del suelo o con un alto contenido de arcilla donde los pesticidas son fuertemente adsorbidos. El plaguicida que así queda incorporado al suelo, entra en un ecosistema dinámico e inmediatamente empieza su movimiento de una parte del mismo a otra, a degradarse “in situ”, a moverse del sistema inicial a otros sistemas, o a mantenerse en el con su estructura original mas o menos transformado, durante un periodo de tiempo variable (Navarro, *op cit.*).

Los pesticidas adsorbidos al suelo son menos propensos a emanar vapores o a filtrarse a través de este, por esta razón es posible que se necesite la dosis más alta listada en la etiqueta del pesticida para suelos con alto contenido de arcilla o materia orgánica (ODEPA-SAG-RCP, 1999). No obstante, la eventualidad de dicho fenómeno se encuentra influenciada además por otros factores como la estabilidad química, resistencia a la degradación por microorganismos, reacciones químicas del suelo, dosis del producto aplicado y condiciones ambientales (Olave, 2001).

El mecanismo de adsorción por el cual se manifiesta la persistencia de los pesticidas de acuerdo a Navarro *op cit.*, reduce la difusión o el traslado de los compuestos desde una zona con una determinada concentración (área de la cuenca con aplicación de pesticidas)

a otras de menor o nula concentración, (cuerpo de agua) lo cual contribuye también a reducir la probabilidad de llegada a dichos compuestos hacia el recurso agua. A pesar de esta situación, en la evaluación de pesticidas para el desarrollo de monitoreos en el agua, se considera de mayor riesgo los compuestos de mayor persistencia, y por ende de mayor capacidad de adsorción, ya que al permanecer por mas tiempo en el ambiente, pueden estar mas disponibles para el traslado hacia otros compartimentos ambientales el cual puede manifestarse a través de la erosión o transporte de material sólido asociado a pesticidas (Navarro, *et al.*, 1992.). Por otra parte, los mayores valores de persistencia de los pesticidas aumentan la probabilidad de provocar un efecto adverso en el ambiente, ya que mantienen por mas tiempo sus propiedades toxicas, los que puede generar efectos crónicos o agudos dependiendo de los intervalos de tiempo en que se produce la exposición (Olave, 2001).

En general el modelo de fugacidad mostró que los pesticidas empleados en la cuenca tienden a difundir hacia el recurso agua, ya sea en pequeños o altos porcentajes donde algunos pesticidas como el Glifosato alcanzaron valores porcentuales altos (99,99 - 91,18 %) y otros como el Triasulfuron valores bajos (0,0043 - 2,44 %). Por otra parte la alta tendencia que presentaron también los pesticidas por el compartimiento del suelo, no es menos significativa ya que la capacidad de adsorción que presentan ciertos pesticidas en el suelo, generan un mayor tiempo de persistencia en el ambiente, y por lo tanto pueden estar mas disponibles para el traslado hacia otros compartimentos ambientales el cual puede manifestarse a través de la erosión o transporte de material sólido asociado a pesticidas, lo que potenciado con la tala de los bosques y la adaptación de los suelos para cultivo, generan que el ciclo normal del agua cambie, con lo que el

agua de lluvia corre a los ríos y arroyos casi de inmediato arrastrando adherido al sedimento a los pesticidas que hayan sido empleados en la cuenca (Nebel *et al.*, 1999). Esto, junto con la aplicación de pesticidas en periodos de alta precipitación, permiten establecer la probabilidad de que los pesticidas utilizados en la cuenca del Estero Peupeu difunden hacia el agua, con lo cual se acepta la hipótesis puesta a prueba en este trabajo. Por otra parte, si bien es cierto, el modelo de fugacidad resulta útil en la predicción del destino ambiental de los compuestos, este no considera el mecanismo de transporte mediante el cual los pesticidas llegan a los cursos de agua, por lo tanto los resultados obtenidos de su simulación, reflejan solo la afinidad ambiental hacia dicho compartimiento una vez alcanzado el punto de equilibrio, sin embargo, en sus niveles de mayor complejidad incluye reacciones de transporte los que consideran una cinética de primer orden. Dentro del nivel I se han desarrollado modelos que requieren datos que reflejen las condiciones ambientales los que asocian además eventos de precipitación que permiten predecir el comportamiento ambiental ante la ocurrencia de dicho fenómeno. Dentro de esta línea se destaca la aplicación del modelo soilfug.

A través de la información obtenida acerca de la identificación de aquellos pesticidas que llegan al agua según sus propiedades de afinidad y la estimación de sus cargas, permiten caracterizar en forma teórica la exposición de la cuenca frente al uso de pesticidas lo cual constituye una de las etapas fundamentales en la valoración del riesgo ambiental donde el riesgo se define como la probabilidad que una sustancia o situación produzca un efecto adverso para algún elemento sensible, a lo humano o ecológico, bajo determinadas acciones de contacto. Existen varios tipos de riesgos potenciales asociados con el uso de pesticidas. Las personas expuestas, por un mal uso o

manejo a algunos tipos de pesticidas, pueden sufrir problemas de salud a corto o largo plazo. Por otra parte, una excesiva cantidad de residuos en el ambiente puede conducir a la alteración de la calidad del agua o dañar otras formas de vida silvestre, por lo que el riesgo de un plaguicida depende de la toxicidad y de la exposición a este (ODEPA-SAG-RCP, 1999; Loewy, 2000). Frente a esto, la medición continua y sistemática de un determinado compartimiento ambiental a través del desarrollo de monitoreos, permiten determinar la presencia o ausencia de sustancias tóxicas en el ambiente (MOPT, 1992), ya que el modelo entrega las concentraciones de pesticidas y los monitoreos permiten validarlo (PNUMA/IPCS, 1999).

La contaminación por pesticidas de las aguas es un fenómeno que ocurre en diferentes medios, a través de procesos múltiples con efectos potenciales en la salud de todas las especies vivientes. La evaluación de una potencial contaminación de aguas por pesticidas depende del resultado tanto de estudios de modelado como de datos reales de monitoreo (Loewy, 2000). La definición de los parámetros a medir en cuencas de agricultura intensiva, como la Cuenca Peupeu, con un alto uso de pesticidas resulta difícil, debido al carácter no puntual de sus fuentes de contaminación, pero mediante la recabación de información acerca de todos los pesticidas utilizados en la cuenca y la identificación de aquellos compuestos que debido a su naturaleza química pueden encontrarse en el agua, se procedió a su elección para monitoreo, no obstante, la elección final de los pesticidas a muestrear considero además la toxicidad por la capacidad que presentan los compuestos según la dosis aplicada de causar daño o provocar la muerte, teniendo presente que mientras más tóxico sea el pesticida, se necesitara menos cantidad de este para causar daño (ODEPA – SAG – RCP, *op cit.*). También se considero la persistencia, la probabilidad de distribución en el agua, la estimación de sus cargas y

número de propietarios que lo aplica, los cuales a través de una evaluación conjunta permiten definir los pesticidas a monitorear. Enríquez (2001), señala que cada pesticida a partir de sus propiedades genéricas tiene sus propias particularidades por lo que cada situación debe resolverse partiendo desde una óptica general a un análisis particular caso a caso. Dado que el monitoreo de agua para pesticidas es una propuesta costosa, requiere una distribución óptima de recursos con el fin de minimizar costos y maximizar el retorno de la información. Los análisis de laboratorio de las muestras de agua para todos los pesticidas comprende la mayor parte del costo total de cualquier proyecto de monitoreo. Se hace necesaria entonces, una cuidadosa selección de los pesticidas que se va a investigar, ya que debido a los cientos de formulaciones en uso, el monitoreo de todos los pesticidas no es económicamente factible, de ahí la gran importancia de la identificación de los pesticidas más críticos para el medio ambiente y el hombre (Loewy, 2000).

El orden de importancia de cada variable señalada, fue establecido de acuerdo a su influencia en el fenómeno del riesgo. La estimación teórica de la exposición en la cuenca, a través de la predicción de los porcentajes de pesticidas que llegan al agua según el modelo de fugacidad, constituye la variable de mayor importancia para la evaluación de los pesticidas a monitorear, ya que de acuerdo al concepto de riesgo, la ocurrencia de dicho fenómeno se encuentra determinado por la exposición. Una vez que ocurre la exposición, la cantidad del agente contaminante será lo que determine la ocurrencia del efecto adverso sobre el ambiente, debido a esto se requiere además caracterizar la exposición, en términos cuantitativos. El cálculo de las cargas de pesticidas aplicados a los cultivos proporciona una estimación de la cantidad de

pesticida que puede llegar hacia el cuerpo de agua, por lo cual se considera la segunda variable a evaluar para un eventual monitoreo. Otra variable de relevancia a considerar corresponde a la persistencia de los pesticidas o tiempo de vida media en que un pesticida permanece activo en el suelo. Los datos relativos a la persistencia de un pesticida son importantes en la evaluación de riesgos de productos químicos (Navarro *et al.*, 1992; ODEPA-SAG-RCP, 1999; PNUMA/IPCS, 1999). De acuerdo a sus propiedades y las características químicas del plaguicida como del entorno en el que se encuentra depositado, la vida media de ellos puede variar de días a meses. Muchos plaguicidas se degradan rápidamente en el suelo, proceso denominado mineralización en donde, el plaguicida es transformado en compuestos más simple como CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y H<sub>2</sub>O. El resultado de este proceso es causado por reacciones de hidrólisis, fotólisis y también por procesos de degradación metabólica mediada por microorganismos, los cuales utilizan los plaguicidas como fuente de carbono. Según el tipo de plaguicida del que se trate, su presencia en el suelo puede generar una selección o inducción de microorganismos los que pueden descomponer más rápidamente el producto (Enríquez, 2001). Uno de los efectos ambientales más importantes en el uso de los pesticidas es la persistencia en el suelo ya que mientras más persistente sea, mayor será la probabilidad de que los residuos afecten la microflora del suelo y se incorporen a cadenas tróficas que pueden terminar en el hombre y mayor será la probabilidad de que aplicaciones sucesivas lo lleven a acumularse hasta alcanzar niveles tóxicos (CONAMA, 2001; Téllez, 2002). La cantidad de pesticida absorbida al suelo varía con el tipo de pesticida así como con la humedad del suelo, su pH y textura. En los suelos agrícolas el pH de los suelos varía entre 6 y 9, pero puede llegar a valores de 3 en suelos boscosos, la constante de adsorción varía con el pH, siendo baja cuando el pH es muy alto o muy bajo, con lo

que aumenta la liberación del plaguicida en el suelo (Freres, 1997). La hidrólisis de los insecticidas órgano fosforados y carba matos está sumamente influenciada por el pH, son estables a valores de pH entre (5 – 7), pero hidrolizan rápidamente a pH alto (7 – 10), por otro lado, los herbicidas son más estables a un pH mayor de 7. El aumento de la temperatura por lo general afecta la estabilidad de los plaguicidas causando un aumento de los procesos de hidrólisis, solubilidad, volatilización y degradación biológica. Según el tipo de suelo, la adsorción cambia donde el aumento de materia orgánica o arcilla genera un aumento de la adsorción, mientras que un aumento de arena en el suelo provoca una disminución de la adsorción. Igualmente los plaguicidas más solubles en agua tendrán mayor nivel de movilidad respecto a los menos solubles (Enríquez, 2001). Otra variable de importancia corresponde al número de personas que aplicaron cada uno de los pesticidas ya que la preferencia por uno o más productos para un determinado cultivo influye directamente en otras variables relacionada con la carga aportada de dicho producto en la cuenca.

A partir de las características y evaluación de los pesticidas en función de las cinco variables contempladas (porcentaje de distribución en agua, toxicidad, carga total, persistencia y número de propietarios que lo aplicaron) se estableció el monitoreo en primera instancia de tres pesticidas: Glifosato, Mcpa y Carbendazim y en segunda instancia el Azinfos metil, Clodinafop propargil, Picloram y 2,4 D, para lo cual se considero los puntajes obtenidos de la valoración señalados en la (Tabla XXXVI), además de considerar de manera particular el destino ambiental y la toxicidad de los pesticidas como uno de los criterios principales al momento de la elección.

El máximo puntaje con (375) correspondió al Glifosato, el cual estuvo determinado principalmente por su alta probabilidad de llegada al agua 99,99 % y 91,18% y su mayor carga total de 7833.76 Kg equivalente al (45,66 %). Su mayor puntaje alcanzado resulta satisfactorio si se considera la naturaleza química del producto con presencia de tres grupos polares de la molécula lo que determina su alta solubilidad (Tabla XXXI) (Olave, 2001). El Glifosato es un compuesto estable a la luz por lo que presenta una baja capacidad de foto degradarse y donde la probabilidad de encontrarse en el agua aumenta (Rosas, 1995). La alta carga total registrada para este compuesto se justifica debido al alto nivel de uso por los propietarios agrícolas al momento de combatir las malezas (Tabla XXIV) su aplicación simultanea en al menos cinco de los seis tipos de cultivos presentes en la cuenca (Tabla XVII), su recomendación para cereales (Tabla XIX), su mayor carga de aplicación por tipo de cultivo (Tabla XXII) y su eficacia contra un amplio espectro de plagas.

El Glifosato es un derivado del ácido fosforico (órgano fosforado) por lo que se descompone con mayor facilidad y es menos persistente en el ambiente en relación a los organoclorados, además presenta propiedades que mejoran la microbiología del suelo (Croveto, 1992) y a pesar que su toxicidad no es muy alta (86 mg/l) se ha señalado que ciertos aditivos del Glifosato pueden aumentar su valor en peces de agua dulce, lo que puede verse intensificado debido al tiempo de vida media que presenta en el suelo (37 días) y a su lenta degradación en el agua.

El Mcpa presenta un alto porcentaje de distribución en el agua (99,30 % - 58,28 %). Es un ácido de comportamiento estable y a pesar de presentar una baja toxicidad (232 mg/l) es uno de los productos más usados dentro de la cuenca con una carga de 3.625,48 Kg equivalente al 21,13 % donde el tiempo de vida media es prolongada (120 días). Su

mayor peligrosidad esta en que pertenece a los ácidos fenoxiaceticos, los cuales se caracterizan por presentar dioxinas, sustancias extremadamente toxicas aun en ínfimas cantidades (Rosas, 1995).

El alto puntaje alcanzado por el producto Carbendazim (Tabla XXXVI) favorece su designación basado principalmente por su alta toxicidad (0,83 mg/l) y a su alta persistencia o vida media que presenta una vez liberado al cultivo (180 – 360 días), propiedad que aumenta la probabilidad de encontrarlo posteriormente presente en el agua.

Los pesticidas seleccionados en segunda instancia (Azinfos metil, Clodinafop propargil, Picloram y 2,4 D) presentaron igualmente una tendencia hacia el recurso agua.

El ingrediente activo Azinfos metil fue designado por ser un insecticida órgano fosforado altamente toxico (Rosas, 1995) la que equivale a (0,02 mg/l) y su alta probabilidad de llegada posterior al recurso agua (54,74% - 57,01%).

Es clasificado como un producto de baja movilidad y que puede ser rápidamente hidrolizado en estados alcalinos y de acidez media haciendo variar su vida media donde a un pH 4 demora 87 días y 4 días a pH 9 (Navarro *et al.*, 1992; Rosas, *op cit.*).

El Clodinafop propargil presenta un alto porcentaje de distribución hacia el recurso agua correspondiente al 83,70 % - 48,39 %. Según The pesticide manual (1994), en el suelo experimenta una rápida degradación a un ácido libre que es movable en el suelo con una vida media de unos 20 días, tiempo suficiente para ser incorporado a los cursos de agua vecinos, por medio de los escurrimientos potenciado por eventos de precipitación. Esto sumado a su alta toxicidad (0,39 mg/l) lo hacen ser uno de los pesticidas seleccionados para muestreo.

Existe la posibilidad de que estos pesticidas puedan ser encontrados en los fondos de los cursos de agua adheridos al suelo debido a que es frecuente en el sector la presencia de eventos de lluvia y la escasa presencia de vegetación arbórea favorecerían el arrastre de sedimento con pesticidas adheridos a los cursos de aguas. Es por esta situación y por la posibilidad de que puedan quedar posteriormente liberados de manera progresiva en los cursos de agua, que se recomienda la aplicación de otra metodología de monitoreo que se complemente con el monitoreo de la calidad del agua en que se contemple el análisis de los pesticidas adheridos a los sedimentos de los cursos de agua.

En el caso del Picloram aunque se consideraron las 5 variables de evaluación en conjunto, fue seleccionado considerando principalmente su mayor afinidad por el recurso agua expresado en el modelo de fugacidad con un 99,82 % y 84,99% respectivamente y su alto valor de persistencia encontrado en la literatura (330 días).

El 2,4 D fue elegido debido a su alta toxicidad (1,1 mg/l) que de acuerdo a Campos (1987), contiene impurezas altamente tóxicas que pueden causar en animales y seres humanos, distintas malformaciones, esto sumado a su alta probabilidad de llegar al recurso agua (99,82 % y 26,41 %) lo hacen verse como un producto de alto riesgo. Además aplicado a altas concentraciones puede llegar en un día a los cursos de aguas superficiales en donde sus residuos pueden experimentar una rápida disipación (Olave, 2001). Desde el punto de vista de su toxicidad, se ha señalado que esta puede ser moderada a muy alta para el fitoplancton, los invertebrados acuáticos y los peces (Enríquez, 2001).

El número de muestras, la frecuencia del muestreo y el o los lugares de muestreo fueron seleccionados para detectar, cuantificar y caracterizar los eventuales cambios espaciales

o temporales en la calidad del recurso, donde de acuerdo a CONAMA (1996), los muestreos frecuentes permitirán detectar los puntos más sensibles o periodos más críticos para el o los parámetros analizados.

En cuanto al periodo de muestreo de los pesticidas en el recurso agua, Barra (1993), señala que deben realizarse en periodos de post aplicación de los productos y durante periodos de grandes cambios hidrológicos. Debido a que en la cuenca el periodo de aplicación ocurrió en los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, se estima conveniente realizar el muestreo de los pesticidas en dicho periodo ya que concuerda con los meses de mayor precipitación correspondientes a Julio, Agosto y Octubre (Tabla XXXIX).

Por otra parte preocupantes vacíos legales respecto del manejo y utilización de plaguicidas en nuestro país causan inquietud en las autoridades y los organismos internacionales (Núñez, 2003), debido a que Chile es uno de los países que tiene más alto uso de plaguicidas, particularmente por el aumento explosivo en la última década de la agroindustria y la actividad forestal (Núñez, *op cit.*). No cabe duda que la producción alimentaría ha aumentado, pero los efectos de las practicas adoptadas y de las tecnologías empleadas no han sido aun evaluados en toda su magnitud, en especial en términos de deterioro y pérdidas netas de tierra agrícola, impactos sobre la cadena alimentaría y, generalmente, sobre el funcionamiento global del sistema natural (Bifani, 1999). Situación que comienza a perjudicar sobre todo a los pequeños propietarios de la cuenca quienes han sufrido las mayores perdidas de tierras productivas y que no cuentan con los recursos monetarios para revertir esta situación.

La gestión de los recursos naturales, entre ellos la tierra, se ha caracterizado históricamente por el acento puesto en aquellas estrategias y sistemas productivos

orientados a la maximización de la producción de unas pocas variedades, con escasa consideración de las consecuencias indirectas y secundarias en el corto y largo plazo de dichas estrategias (Bifani, 1999).

Las presiones de la población y la entrega de las mejores tierras a la agricultura industrializada conducen a actividades que, no son sostenibles y, en el peor, son un suicidio ecológico (Nebel *et al.*, 1999). Debido a esta situación Espinoza (2001), señala que de no haber un cambio en los sistemas de producción actual, los problemas de deterioro de los recursos naturales, principalmente el agua, podrían incrementarse y arriesgar la salud junto con la prosperidad de los cultivos a futuro. Es importante que los agricultores de la cuenca puedan hacer que las aguas superficiales no sean vertederos de pesticidas y fertilizantes y disminuir su infiltración a los mantos acuíferos, para lo cual Nebel *op cit.*, recomienda que no deben utilizar cantidades excesivas en tierras planas y evitar usarlos en las laderas. Pueden utilizar fertilizantes de liberación lenta, pesticidas más específicos para una determinada plaga y alternar la siembra de trébol u otras plantas fijadoras de nitrógeno para reducir la necesidad de fertilizantes. Los agricultores pueden reducir el empleo de plaguicidas utilizando métodos biológicos para el control de las plagas o el manejo integrado de las plagas (Núñez, 2003).

El problema de la utilización de los recursos naturales, de su agotamiento y del deterioro del medio deben examinarse según Bifani (1999), desde una doble perspectiva: por una parte, la de la existencia de recursos naturales conocidos y de las leyes naturales que gobiernan y regulan su proceso de reproducción, así como la capacidad del medio para regenerarse y absorber el impacto de la actividad humana, y, por otra, por la forma en que el sistema social lleva a cabo sus actividades, que se traducen en formas específicas de gestión ambiental. Por otra parte, la agricultura orgánica y la rotación de cultivos son

parte vital de una agricultura sostenible. De esta manera, resulta más fácil controlar hierbas malas e insectos. Combinar los cultivos y mezclarlos con árboles (sistema agroforestal) y ganado brindan una diversidad de productos comerciales que puede ser una barrera eficaz contra los riesgos económicos y biológicos (Nebel *et al.*, 1999; SAG, 2002). Para poder preservar o restaurar la sustentabilidad de este crecimiento económico, se requiere de la implementación de planes para el manejo integral de los recursos naturales a desarrollarse considerando niveles superiores de organización espacial, tales como la cuenca hidrográfica. Esta, por ser una unidad ecológica delimitada naturalmente debiera permitir una gestión integrada que conduzca a un desarrollo productivo y a la sustentabilidad de las actividades que se desarrollan dentro de ella (Centro EULA, 2002). Es esa la preocupación e interés de este estudio y por lo que se han estado realizando estudios en la cuenca del Río Chillan en la VIII Región y en la cuenca Traiguen en la IX Región de la Araucanía.

La experiencia ganada en este estudio puede ser de gran utilidad para la definición de recomendaciones generales, que pueden ser consideradas en el desarrollo de planes de manejo de cuencas agrícolas de la región mediterránea de Chile. Se contribuye además a un mejor conocimiento de los efectos que acontecen en las actividades de las explotaciones agrícolas – forestales de la Cuenca Peupeu y del empleo de pesticidas, pudiendo tomar conocimiento y buscar formas de enfrentar los problemas a través de capacitaciones, educación ambiental y otras acciones que contribuyan a mitigar y recuperar su estabilidad natural en un futuro próximo.

#### 4.- CONCLUSION

De acuerdo a los antecedentes y resultados obtenidos en el presente estudio, se pueden obtener las siguientes conclusiones.

- El uso agrícola intensivo de la cuenca, es la principal causa que genera una constante aplicación de productos químicos a sus cultivos (24), situación que se ve incrementado en las grandes propiedades agrícolas.
- La cuenca presento una carga total de 17.155,33 Kg para un total de 15.586 ha generando un total de 1,10 Kg/ha.
- La simulación del modelo de fugacidad nivel I con valores estándares determino que de un total de 15 pesticidas sometidos al modelo, 8 presentan un porcentaje de distribución entre el 50 y 100 % al recurso agua, mientras que la aplicación del modelo considerando algunas propiedades ambientales de la zona de estudio determino que de un total de 15 pesticidas 5 de ellos difundieron al recurso agua en un porcentaje entre un 50% y 100% por lo que se establece una alta probabilidad de que dichos compuestos difundan al cuerpo de agua de la Cuenca del Estero Peupeu.
- Los pesticidas considerados de mayor riesgo asociado a los más altos puntajes obtenidos de la matriz, además de considerar su alta toxicidad y su mayor capacidad de fuga hacia los cursos de agua recomendados para monitoreo fueron: Glifosato, Mcpa y Carbendazim y recomendados en segunda instancia: Azinfos metil, Clodinafop propargil, Picloram y 2,4 D.

- El manejo inapropiado de los productos químicos por algunos propietarios agrícolas de la cuenca denota la falta o la poca asistencia y conocimientos con los que cuentan la mayoría de los productores en relación a como actuar y de las medidas que deben seguir al momento de manipular sus pesticidas.
- La metodología general de trabajo aplicada en este estudio se recomienda para ser aplicada en cuencas de agricultura intensiva con un alto uso de pesticidas cuyo objetivo final sea el monitoreo de pesticidas en las aguas superficiales y predecir escenarios futuros formulando estrategias de mejoramiento ambiental.

## **6.- BIBLIOGRAFIA**

**AFIPA** (1996 – 1997) Manual fitosanitario. Asociación nacional de fabricantes e importadores de productos fitosanitarios agrícolas A.G. Recopilación de información efectuada por Mónica Lifschitz Alvarado, Ingeniero Agrónomo U. C Gredos Ltda. 677 pp.

**Aguila H** (1987) Agricultura general y especial. Editorial universitaria, Chile. 1era. Edición.331pp.

**Barra R.** (1993) Estimación del riesgo de contaminación de aguas superficiales por pesticidas en una cuenca experimental. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias ambientales. Universidad de Concepción. 188 pp.

**Bifani D** (1999) Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Cuarta Edición. Editorial IEPALA Madrid. 593 pp.

**Campos L, G Fontaine , H Faiguenbaum , N Rodriguez , R Ferreyra , W Cerón , P Parodi & P Graw** (1987) Producción de cultivos en Chile. Editorial publicitaria Torrelodones Chile.332 pp.

**Centro EULA** (2002) Desarrollo de una metodología para la evolución y mitigación de la contaminación de aguas y suelos en la Cuenca del Río Chillan.SAG.114pp.

**CIREN CORFO.** Centro de Información de Recursos Naturales (1989) Descripciones de suelos, materiales y símbolos. Estudio Agrologico de la Provincia de Cautín IX Región. Santiago – Chile. 211pp.

**CONAMA** (1996) Metodologías para la caracterización de la calidad ambiental. Primera Edición. Editorial Partners Comunicaciones Corporativas. Stgo-Chile.239 pp.

**CONAMA** (2001) Geotecnia: Diagnostico de la Gestión Integral de la Cuenca del Cachapoal, VI Región. Informe final. Stgo de Chile.

**Crovetto C** (1992) Rastrojos sobre el suelo: Una introducción a la cero labranza. Primera Edición. Editorial Universitaria, Stgo.301 pp.

**Dethier G** (1980) El abuso de los plaguicidas. Editorial, distribuidora Argentina SLR, Argentina. 203 pp.

**DGA** (2003) Dirección General de Aguas. República de Chile.

**Di Guardo A, D Calamari, G Zanin, A Consalter & D Mackay** (1994) A fugacity model of pesticides runoff to surface water: Development and validation. *Chemosphere* 28: 511 – 531.

**Donoso C** (1994) Ecología Forestal: El bosque y su medio ambiente. 4ta Edición. Editorial Universitaria, S.A. Stgo-Chile. 369pp.

**Encina F & O Díaz** (2001) Contaminación, estimación del riesgo ecológico y protección Asociado De algas bentónicas marinas, en: Sustentabilidad Ambiental. K. Alveal & Antezana Editores. Universidad de Concepción. 357 – 336 pp.

**Enríquez P** (2001) Evaluación del riesgo ambiental a la liberación de plaguicidas. Servicio Agrícola y Ganadero. Stgo – Chile. 11pp.

<<http://www.monografias.com/mediakit> >

**EPA** (1998) Guidelines for risk assessment. Washinton, DC. 114 pp.

**Espinoza N** (2001) Resistencia de malezas a herbicidas un problema creciente en el trigo, Chile. Revista Tierra adentro. 38: 28-29.

**Freres R** (1997) Reconocimiento de suelos. Sub. Depto conservación de suelos y aguas del Servicio Agrícola y Ganadero. Chile. 91pp.

**INIA**. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (1999).

<<http://www.inia.cl.servicios/semillas/trigo>>

**INN.** Instituto Nacional de Normalización (1994) Norma Chilena Oficial Nch 409/1 of 84 Agua potable – parte 1: requisitos. 8pp.

**INN.** Instituto Nacional de Normalización (1994). Norma Chilena Oficial Nch 1333 of 78 mod. 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos. 9pp.

**Izurieta J, Ma Gomez, B Evans & M Mijangos** (2001) Evaluación de la contaminación Difusa en la cuenca del Río Aplataco. ANEI, A.C. México. 44 pp.

**Kovach J, C Petzoldt, J Degni & J Tette** (1999) A method to measure the environmental Impact of pesticides. IPM Program, Cornell University, New York State Agricultural Experiment Station Geneva.

<[http://www.Nysaes.cornell.edu/ipmnet/ny/program\\_news/EIQ.html](http://www.Nysaes.cornell.edu/ipmnet/ny/program_news/EIQ.html)>

**Linsley R, M Kohler & J Paulhus** (1992) Hidrología para ingenieros. 2da edición. Editorial Mc Graw – Hill interamericana de México, S.A. 386 pp.

**López S** (1994) Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. Tragsa – Tragsatec S.A. Ediciones multiprensa, Madrid. 902 pp.

**Loewy R** (2000) Plaguicidas en aguas subterráneas del alto valle del Río Negro y Neuquen. Tesis de maestría en ciencias químicas, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional Del Comahue, Argentina. 162 pp.

**Mackay y Paterson** (1981), Fugacity Revisited. Environment Sci. Technol. 16: 654 - 660.

**Mackay D** (2001) Multimedia Environmental models. The Fugacity Approach. 2da edición. Lewis publishers, Washington D. C. 261pp.

**Martinez A & J Navarro** (1996) Hidrología Forestal, el ciclo hidrológico. Universidad de Valladolid, ed III Serie. 286pp.

**MOP** (1992) Guía para la elaboración del medio físico. Secretaria para las políticas del agua y Medio Ambiente, Ministerio de Obras Publicas y Transporte. España. 809 pp.

**Moraes R** (2002) A Procedure for ecological tiered Assessment of risks (PETAR). Departament of Environmental Systems Analysis. Chalmer University of Technology Göteborg, Sweden.

**Murgel S** (1984) Limnología sanitaria, estudio de la polución de aguas continentales. Secretaria general de la organización de los estados americanos. Programa Regional de desarrollo científico y tecnológico washinton, D.C.120 pp.

**Navarro S, A Barba, M cámara & S Navarro** (1992) Persistencia de los plaguicidas en los suelos, agrícolas procesos y factores condicionantes. Universidad de Murcia, editorial sucesores de Nogues, S.L. 105pp.

**Nebel B & R Wright** (1999) Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. Editorial Hall Hispano América, S,A. 698 pp.

**Nelba G, J Hinostroza & C Toro** (2001) Experiencia en producción de cereales con cero Labranza, Chile. Revista Tierra adentro. 38: 33-35.

**Núñez A** (2003) Corporación OLCA Observatorio Latinoamericano de Conflictos ambientales. Stgo.

<[http:// www.relca.net/oca](http://www.relca.net/oca)>

**ODEPA** Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (2000) Clasificación de las explotaciones Agrícolas del VI Censo Nacional agropecuario según tipo de productor y Localización geográfica. Impreso en ODEPA. 91pp.

**ODEPA - SAG -RPC** (1999) Manual de capacitación para el buen uso y manejo de plaguicidas Comité proyecto Chile – Canadá. Primera serie.163 pp.

- Olave Y** (2001) Propuesta de Monitoreo de Pesticidas en la Subcuenca del Río Traiguén. Tesis Presentada a la universidad Católica de Temuco, Chile. 98pp.
- OLCA (2002)** Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Stgo.  
< <http://www.olca.cl/olca/index.htm> >
- Ortega R & I Rodríguez** (1994) Manual de Gestión del Medio Ambiente. Editorial Mapfre, S.A. España. 342 pp.
- Palma R, G Briceño, I Lagos, P Beltrán & R Aguilera** (2001) Modelo de Gestión para la Recuperación de la vegetación nativa y calidad de agua en la Cuenca del Estero Peupeu, IX Región. En el *Árbol Nuestro Amigo*, Temuco Chile 15 (2): 13-18
- PNUMA/IPCS** (1999) Evaluación de riesgos químicos. Producido por el programa de las Naciones Unidas para el Medio ambiente, la Organización Internacional del Trabajo y La Organización Mundial de la Salud, en el marco del Inter.- Organización Programme for the Sound Management of Chemical.
- Rozas M** (1995) Plaguicidas en Chile, la guerra química y sus víctimas. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, Instituto de ecología Política. Santiago. 169 pp.
- SAG** (2002) Agricultura orgánica, situación actual, desafíos y técnicas de producción. Departamento protección de Recursos Naturales. 150 pp.
- Strobbe M** (1973) Orígenes y control de la contaminación Ambiental. Compañía Editorial continental S.A. Primera edición. 483pp.
- Tellez V** (2002) Propuesta metodológica para determinar áreas de influencia de fuentes Contaminantes de recursos hídricos mediante la aplicación del sistema de Información geográfica en la IX Región. Proyecto para optar al grado de licenciado en medicina veterinaria, Stgo – Chile. Universidad Mayor. 133 pp.

**The Pesticide Manual Incorporación** (1994) The agrochemicals Handbook. Editor Clive Tomlin. British BCPC. Tenth edition. 1316 pp.

**Turk A, J Turk, J Wittes & R Wittes** (1984) Tratado de ecología. Editorial Interamericana, México S.A. Segunda edición. 530pp.

**Vismara R** (1988) Ecología Applicata. Editore Ulrico Hoepli Milano. XII: 499 -550.

**Wais de B, I Thiel & G Gentile** (1997) Contaminación en Ríos y Lagos. Editorial Lumen, Buenos Aires. 48 pp.

## ANEXO

**Anexo 1.-** Series de suelos:

**Serie Metrenco (MTC):** Franco arcillo limoso.

Caracterización general:

Suelos que se ubican principalmente en el llano central, a una altura de 100 a 300 m. s. n. m. profundos, derivados de cenizas volcánicas muy antiguos sobre planos remanentes. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo oscuro; de textura arcillosa y color pardo rojizo oscuro en profundidad.

El contenido de materia orgánica superficial es de 5 a 6%, pero se reduce a la mitad antes de los 30cm; entre 30 y 70 cm se presentan cifras entre 1.5 y 2.5% y alrededor del metro de profundidad el contenido de materia orgánica fluctúa entre 0.7 y 1.5 %. La capacidad total de intercambio es baja para los suelos de la zona, en la superficie fluctúan entre 25 y 30 me/100gr; valores que se mantienen entre 27 y 32 me/100gr hasta 70 cm; en profundidad los valores fluctúan entre 25 y 38 me/100gr. El porcentaje de saturación de bases es de 30% en todo el perfil, sólo que algunos sectores muestran un incremento en la última estrata llegando hasta 50%. El principal catión de cambio es el calcio y sus valores son moderadamente altos, alrededor de 4.5me/100gr en todo el perfil, el magnesio muestra valores decrecientes en profundidad fluctuando entre 3 y 2 me/100gr; en la parte baja del perfil se observan cifras incluso superiores a la superficie, de 4 me/100gr. Los valores de sodio y potasio son bajos, especialmente este último que no llega a 0.5 me/100gr de suelo. El aluminio extractable es bajo para lo que se observa en los otros suelos del área y sus valores fluctúan entre 300 y 400 ppm; cifras de 500 ppm solo se observan en la superficie y ello siempre asociado a una

contaminación de cenizas volcánicas frescas. En general puede decirse que las cifras de fierro son relativamente bajas. El fósforo aprovechable acusa valores bajos y una distribución irregular dentro del perfil y de un perfil a otro.

**Serie Agua Fría (AGP): Franco limoso**

**Caracterización general:**

Son suelos que se ubican en el llano central a una altura de 220 a 250 m. s. n. m. Se presentan en topografía compleja y las pendientes dominantes varían de 1 a 3% y de 2 a 5%. Suelo moderadamente profundo con buen arraigamiento hasta 40cm.

Son suelos con un contenido de materia orgánica alto, alrededor de 13 a 14% en la superficie, que se reduce rápidamente a menos de 5% en profundidad. La capacidad total de intercambio se reduce de forma paulatina desde 37me/100gr en la superficie, hasta 12me/100gr en la estrata mas profunda. El contenido de cationes de intercambio es bajo, siendo el calcio y el magnesio los más importantes; el porcentaje de la saturación de bases es ligeramente superior a 30% en los primeros 30 cm y aumenta rápidamente en profundidad. El fósforo aprovechable acusa cifras bastantes bajas en todo el perfil. El aluminio extractable muestra valores elevados sólo en la superficie (700ppm) y moderados en profundidad (500ppm).

El suelo es de fertilidad moderada a baja y el drenaje es moderadamente bueno; cuando el suelo esta delgado el drenaje se hace imperfecto.

**Tipos misceláneos de terrenos:**

Los tipos misceláneos de terrenos son usados en áreas de suelos muy delgados y heterogéneos.

### **Misceláneo Pantano (MP)**

Caracterización general:

Suelos que se presentan en una topografía plana o ligeramente cóncava, de difícil drenaje y con niveles freáticos en o próximos a la superficie durante todo el año. Se diferencian según su uso.

**MP – 1:** Capacidad de uso : VIIw

**MP – 2:** Capacidad de uso : VIw

### **Misceláneo Quebrada (MQ)**

Caracterización general:

Corresponde aquellas áreas de cursos de aguas temporales que corren encajonadas y con laderas de pendientes moderadamente escarpadas. Se diferencian según su uso:

**MQ – 1:** Capacidad de uso: VIIe

## **Anexo 2.-** Capacidad de uso de los suelos presentes en la cuenca del Estero Peupeu.

Generalidades:

La agrupación en clases de capacidad de uso, es una ordenación de los suelos existentes, para señalar su relativa adaptabilidad a ciertos cultivos; además, indica las dificultades y riesgos que se pueden presentar al usarlos, señalando las limitaciones naturales de los suelos.

**Clase III:** Presenta moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos. La topografía varía de plana a moderadamente inclinada lo que dificulta severamente el riego; la permeabilidad varía de lenta a muy rápida. (requieren prácticas moderadas de conservación y manejo).

### **Limitaciones más corrientes:**

Topografía moderadamente ondulada, profundidad del suelo, estructura y textura desfavorable, baja capacidad de retención de agua, humedad que limita el desarrollo radicular.

**Subclase de capacidad de uso: e** con limitaciones de riesgos de o efectos de antiguas erosiones.

**Clase IV:** Presenta severas limitaciones de uso y restringen la elección de cultivos. Estos suelos al ser cultivados, requieren cuidadosas prácticas de manejo y conservación, más difíciles de aplicar y mantener que las de la clase III.

### **Limitaciones más corrientes:**

Suelos muy delgados, topografía moderadamente ondulada y disectada, baja capacidad de retención de agua, drenaje muy pobre.

**Clase VII:** Suelos con limitaciones muy severas que la hacen inadecuadas para los cultivos. Su uso fundamental es forestal y para pastos resistentes.

### Anexo 3.- Formato de encuesta

#### Encuesta uso de fertilizantes y pesticidas para la Cuenca del Estero Peupeu, Lautaro IX Región Chile.

- 1.- Rol Predio: .....
- 2.- Nombre Propietario: .....
- 3.- Es usted dueño del predio:.....
- 4.- Superficie del predio (ha):.....
- 5.- Sobre cultivos agrícolas incluya en la tabla A todos los datos acerca de los cultivos que haya obtenido durante el año agrícola anterior.
- 6.- La dosis o cantidad de pesticidas que aplica es recomendada por algún técnico o ingeniero agrícola.  
Si..... No.....
- 7.- Sigue normalmente las indicaciones de la etiqueta.  
Si..... No.....
- 8.- Almacena pesticidas agrícolas. Si..... No.....
  - a) En su casa
  - b) En el campo
  - c) En una bodega
  - d) Otro
- 9.- Donde guarda los recipientes de los pesticidas
  - a) Los tira en el campo
  - b) Los guarda en su casa
  - c) Los limpia y vuelve a utilizar
  - d) Los quema
  - e) Los entierra en la parcela
  - f) Otros
- 10.- En que época del año usted aplica los pesticidas con mayor intensidad
  - a) Primavera (Octubre, Noviembre, Diciembre).
  - b) Verano (Enero, Febrero, Marzo)
  - c) Invierno (Junio, Julio, Agosto, Septiembre).
  - d) Otoño (Marzo, Abril, Mayo).
- 11.- Ha utilizado DDT como pesticida Si.....; No..... Hace cuanto tiempo.....
- 12.- Sabe usted si existe algún pesticida de uso agrícola que este prohibido  
Si..... No..... Mencione.....
- 13.- Que haría usted si le prohibieran usar un plaguicida agrícola por ser dañino para la salud o bien por que contamina los pozos de agua.
  - a) Lo dejaría de usar
  - b) Lo cambiaría por otro
  - c) Seguiría usándolo
- 14.- Método de aplicación
  - a) Forma mecánica (bomba de espalda)
  - b) Tractor agrícola
  - c) Aplicaciones aéreas
- 15.- Quien lo aplica
  - a) Propietario
  - b) Trabajadores agrícolas

Cultivo	Mes de siembra	Superficie cultivada	Riego Si:1 No:2	Pesticida utilizado	Dosis/ha pesticida	Mes aplicación	Fertilizante utilizado	Dosis /ha Fertilizante	Mes aplicación
Trigo									
Avena									
Cebada									
Otros									

**Tabla A**