



**Fitosanitarios utilizados en Galicia y  
peligro de contaminación de los recursos  
hídricos destinados a la producción de  
agua de consumo humano**

**Olga Martínez Candamio**

# **Diplomado en Sanidad. Año 2009**

**Autora: Olga Martínez Candamio**

**Tutora: Inés Mato Naveira**

## **RESUMEN**

### **Introducción**

Los fitosanitarios utilizados en el tratamiento de cultivos, sufren una serie de procesos en el suelo, entre los que destacan la adsorción y la degradación, que determinan la movilidad y persistencia de sus moléculas y por lo tanto su transporte, por lixiviación o escorrentía, desde el suelo al agua.

### **Objetivo**

Describir los fitosanitarios que se utilizaron en Galicia en el año 2008 y elaborar un listado con aquellos que tengan un mayor potencial para contaminar el agua.

### **Material y métodos**

Es un estudio descriptivo. El universo de estudio son los fitosanitarios utilizados en Galicia en el año 2008, según los datos facilitados por la Consellería de Medio Rural. Las variables usadas son: provincia, uso del plaguicida, formación de metabolitos contaminantes del agua, inclusión en el Anexo I de la Directiva 91/414, grupo químico, índice de GUS y potencial del fitosanitario de ser transportado unido a partículas (TUP).

### **Resultados**

Se han estudiado 108 fitosanitarios. El 38% son herbicidas, el 33,3% fungicidas y el 23,1% insecticidas. El 42,6 % forma metabolitos en el suelo que pueden contaminar los recursos hídricos. El 64,8% están incluidos en el Anexo I. El 17, 6% tiene un índice de GUS alto y el 23,1% en la zona de transición. El 18,5 % tiene un indicador TUP alto y el 41,7% medio.

### **Conclusiones**

La mayoría de las sustancias estudiadas son herbicidas y están autorizadas para su uso como fitosanitarios. Hay 39 sustancias que tienen probabilidad elevada de lixiviación o de ser transportadas por escorrentía al agua.

## INTRODUCCIÓN

El término plaguicida incluye a cualquier sustancia destinada a impedir, destruir, atraer, repeler o controlar una plaga, incluyendo especies de plantas o animales no deseadas (1).

Los plaguicidas agrícolas o fitosanitarios pueden ser clasificados, según el grupo químico (carbamatos, organofosforados, organoclorados etc) o atendiendo a su uso (acaricidas, fungicidas, herbicidas, insecticidas etc), siendo ambos criterios importantes ya que, tanto la estructura química como el uso, determinan su comportamiento medioambiental (1,2).

Los fitosanitarios son ampliamente usados por los beneficios económicos que producen al combatir las plagas y, en consecuencia, aumentar el rendimiento y asegurar la calidad, la fiabilidad y el precio de los productos agrícolas (3). En el año 2008, en España, el consumo de plaguicidas agrícolas fue de 94.549 toneladas con un incremento respecto al año anterior del 15%. La facturación global fue de casi 700.000 euros de la que el 3% corresponde a Galicia (4).

Dado que los fitosanitarios son importantes para mejorar la producción agrícola pero su utilización puede entrañar riesgos y peligros para las personas, los animales y el medio ambiente, se considera importante que la comercialización de estos productos esté regulada. De esta forma se debe garantizar que se utilicen de forma adecuada y que no tengan efectos inaceptables sobre los vegetales y el medio ambiente en general y en particular sobre la salud humana, animal o en el agua. Dentro del ámbito europeo los productos fitosanitarios están sometidos a un proceso de doble autorización, en el que los estados autorizan los productos fitosanitarios, que sólo pueden contener sustancias activas autorizadas a nivel comunitario. Las sustancias autorizadas se incluyen en el Anexo I de la Directiva 91/414. Este Anexo ha sufrido numerosas variaciones, con inclusiones y exclusiones de sustancias de acuerdo con los estudios de revisión a los que han sido sometidas por organismos europeos (5).

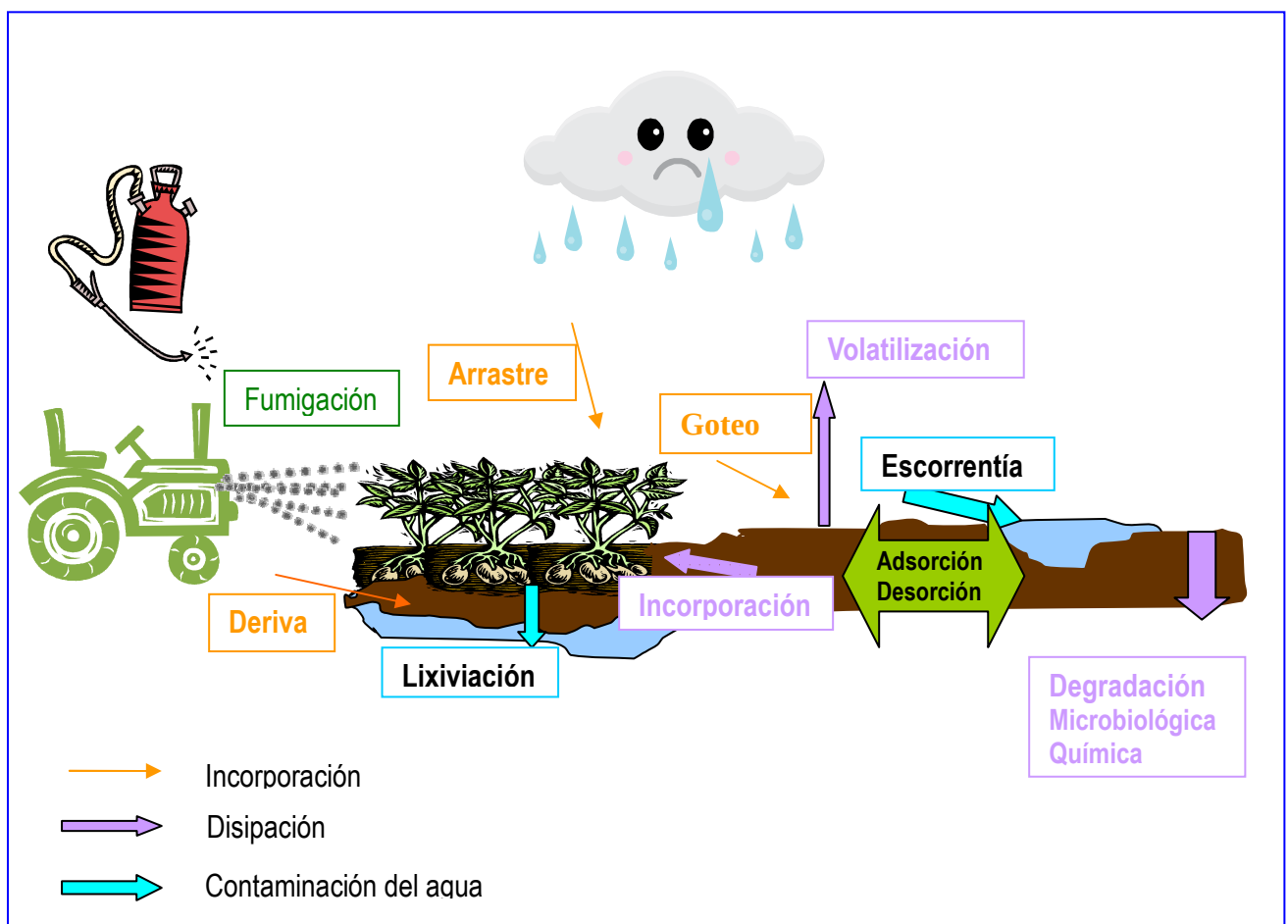
El desarrollo de los plaguicidas ha evolucionado desde productos altamente tóxicos, persistentes y bioacumulables a plaguicidas que se degradan más rápidamente en el medio ambiente y que son menos tóxicos (1). Sin embargo, su uso sigue entrañando riesgos ya que la mayoría tienen propiedades que pueden hacerlos peligrosos para el medio ambiente y para la salud (6,8).

La salud humana y animal puede verse afectada tanto por exposición directa a los plaguicidas (aplicadores o trabajadores de plantas de producción) como de forma indirecta, por ingestión de residuos presentes en los productos agrícolas y en el agua de bebida. El uso de algunos fitosanitarios, principalmente compuestos organoclorados como DDT y algunos herbicidas, han sido relacionados con al cáncer de páncreas (8). También hay estudios que relacionan la exposición a plaguicidas con procesos neurodegenerativos que conducen a la enfermedad de Parkinson (7) y con alteraciones endocrinas (6) pero los datos en humanos son insuficientes

debido a la dificultad que supone determinar la exposición.

Los plaguicidas aplicados a los cultivos pueden llegar al suelo por deriva, goteo, ser arrastrados por la lluvia o con los residuos del cultivo (9). El comportamiento de los plaguicidas en el suelo está gobernado por una gran variedad de complejos y dinámicos procesos químicos, físicos y biológicos, (10) que controlan su transporte desde el suelo al agua, aire y alimentos (Figura 1). La importancia relativa de cada uno de estos procesos varía con la naturaleza química del plaguicida o con las propiedades del suelo, aunque hay dos procesos que destacan por su importancia, la degradación y la adsorción (2).

**Figura 1: Procesos de incorporación y disipación de un plaguicida en el suelo**



La degradación determina, por una parte, la concentración y el tiempo que el plaguicida permanece en el suelo y, por otra, los metabolitos que se forman. En muchos casos estos metabolitos no tienen importancia medioambiental, aunque en ocasiones pueden ser tan o más contaminantes que el plaguicida original (11).

La adsorción juega un papel fundamental en la dinámica de transporte, transformación y bioacumulación de los plaguicidas (2,9). El coeficiente de adsorción ( $K_{oc}$ ) es una medida de la

fuerza con la que el plaguicida se adhiere a las partículas del suelo y, por lo tanto, de su movilidad (EPA). Esta constante de adsorción está relacionada con la persistencia ya que las moléculas de plaguicidas adsorbidas a las partículas del suelo no están, como norma general, disponibles para la degradación, por lo que valores altos de esta constante se asocian con alta persistencia (9).

La persistencia es el tiempo de permanencia de una sustancia activa en un determinado compartimento medioambiental, siendo la suma ponderada de procesos de transformación y pérdida entre los que se incluyen la degradación biológica, la hidrólisis química, la fotólisis, y otros procesos como lixiviación, volatilización e incorporación por plantas. La persistencia se mide por el tiempo de vida media ( $DT_{50}$ ) y en ella influyen factores que dependen fundamentalmente de la sustancia activa aunque también del tipo de cultivo y condiciones medioambientales (cantidad de precipitaciones, viento, humedad o temperatura) (12).

Numerosos estudios han monitorizado la presencia de fitosanitarios en aguas superficiales y subterráneas, detectándose, en la mayoría de los casos, la presencia de herbicidas (13) y observándose una tendencia temporal de la contaminación, relacionada con el ciclo de cultivo (14,15). Los plaguicidas pueden pasar del suelo al agua subterránea y/o superficial básicamente por dos fenómenos como son la lixiviación y la escorrentía.

La lixiviación de plaguicidas hasta el agua subterránea es un proceso muy variable y depende de varios factores:

1. Propiedades de la sustancia, como la tendencia de los plaguicidas a adsorberse a la materia orgánica, a ser degradados o a volatilizarse desde el suelo.
2. Lugar de aplicación, incluido textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como parámetros climáticos como precipitaciones y temperatura.
3. Prácticas agrícolas que determinan el tipo de plaguicida aplicado, el momento de aplicación y cultivos tratados.

De todos estos factores los que más contribuyen a la variabilidad de la lixiviación es el de las propiedades de la sustancia ( $DT_{50\text{suelo}}$  y  $K_{oc}$ ), seguidos por las características del lugar de aplicación, clima, estación de aplicación, tipo de cultivo y corrientes de flujo (16).

Los plaguicidas pueden alcanzar el agua superficial por escorrentía por dos mecanismos, porque son transportados disueltos en el agua (muy solubles) o porque son transportados adsorbidos a partículas (elevada adsorción a partículas y poco solubles). La posibilidad de transporte por escorrentía depende del tipo de formulación, cultivo tratado, forma de aplicación y del lugar de aplicación (colinas, tipo de suelo, intensidad de las lluvias, etc) (10).

Cualquier método para determinar el potencial de un plaguicida para contaminar el agua, a partir de sus propiedades físico-químicas, tiene que basarse en la solubilidad, persistencia y/o

movilidad. Para determinar el potencial de lixiviación de un plaguicida, uno de los índices más conocidos es el índice de GUS (Groundwater Ubiquity Score), que se determina a partir de los valores de  $DT_{50\text{suelo}}$  y de  $K_{oc}$  (17). Por otra parte, el Departamento de Regulación de Plaguicidas de California (DPR), clasifica los plaguicidas como potenciales contaminantes del agua, estableciendo valores umbrales para la solubilidad, coeficiente de adsorción y tiempo de vida media (18). Igualmente, Goss & Wauchope (1990), establecieron umbrales de estos parámetros para determinar el potencial de un plaguicida de contaminar el agua por transporte unido a partículas (TUP) (19).

La normativa que regula la calidad del agua de consumo humano (20), establece niveles máximos para el total de plaguicidas y para cada plaguicida de forma individual pero no indica que plaguicidas se deben determinar. Además establece que serán las Comunidades Autónomas, las que pongan a disposición de los gestores de los abastecimientos y de la autoridad sanitaria, la relación de plaguicidas que usen en el campo y que puedan estar presentes en los recursos hídricos. Dada la gran cantidad de sustancias activas que se pueden usar en los productos fitosanitarios y que no todas tienen el mismo potencial para contaminar el agua, sería necesario conocer los plaguicidas que se están usando en Galicia e identificar los que presenten un mayor potencial de contaminación del agua para facilitar así la vigilancia sanitaria.

## **OBJETIVOS**

- 1- Describir de las sustancias activas que forman parte de los productos fitosanitarios utilizados en Galicia en el año 2008
- 2- Elaborar un listado de las sustancias activas de los productos fitosanitarios, utilizados en Galicia en el año 2008, que tienen un mayor peligro para contaminar los recursos hídricos, con el fin de poder incluirlo en el *Programa de vigilancia sanitaria de aguas de consumo humano de la comunidad autónoma de Galicia*

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Diseño**

Se trata de un estudio descriptivo transversal.

### **Universo de estudio**

Se realiza un estudio de las sustancias activas de los productos fitosanitarios, que se utilizaron en Galicia en el año 2008, según los datos que han sido facilitados por los Servicios Técnicos Agrarios Provinciales de la Consellería de Medio Rural.

### **Variables de estudio**

Las variables que se han tenido en cuenta para realizar el estudio son las que se describen en

la tabla 1.

**Tabla 1: Variables utilizadas en el estudio**

|                                                                | <b>Tipo de variable</b>  | <b>Valores de la variable</b>                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Provincia</b>                                               | Cualitativa policotómica | A Coruña, Lugo, Ourense, Pontevedra                                                                                 |
| <b>Uso del plaguicida</b>                                      | Cualitativa policotómica | Acaricida, fungicida, herbicida, insecticida, molusquicida, repelente                                               |
| <b>Grupo químico</b>                                           | Cualitativa policotómica | Carbamato, inorgánico, organoclorado, organofosforado, piretroide, triazina, otros (bencimidazol, sulfonilurea etc) |
| <b>Sustancia incluida en el anexo I de la Directiva 91/414</b> | Cualitativa policotómica | Incluído, excluído, excluído con período transitorio                                                                |
| <b>Formación de metabolitos contaminantes del agua</b>         | Cualitativa dicotómica   | Sí, no                                                                                                              |
| <b>Índice de GUS</b>                                           | Cualitativa ordinal      | Bajo, transición, alto                                                                                              |
| <b>Transporte unido a partículas</b>                           | Cualitativa ordinal      | Bajo, medio, alto                                                                                                   |

### **Recogida de información**

En este estudio se analizan las sustancias activas de los plaguicidas agrícolas usados en Galicia durante el año 2008, para los que se han recogido las variables mencionadas anteriormente.

Para identificar los fitosanitarios usados en Galicia se solicita, a la Consellería de Medio Rural, los datos disponibles sobre la utilización de fitosanitarios en cada provincia. Los listados de plaguicidas son elaborados por los Servicios Técnicos Agrarios Provinciales y en ellos se recoge la provincia, el nombre del plaguicida y el uso del mismo. Éste último dato se contrasta con la información disponible en la base de datos de la página web EU Pesticides Database (21) a la que se accede entre los días 13/08/2009 y 09/09/2009. No se han encontrado discordancia de datos entre las dos fuentes.

La inclusión o no de la sustancia activa en el anexo I de la Directiva 91/414 se obtiene a partir de los datos que aparecen en la página web EU Pesticides Database (21) y se contrasta con los

datos del Registro de Productos Fitosanitarios de la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (22) a la que se accede entre el 17/08/2009 y el 10/09/2009. En el registro del Ministerio, las sustancias que están excluidas del Anexo I, pero que tienen un período transitorio durante el que pueden seguir utilizándose, constan como sustancias autorizadas, ya que de momento existen productos en el mercado.

Todas las demás variables usadas en este estudio se obtienen de la base de datos PPDB (Pesticides Properties Database) (23) a la que se accede entre los días 10/08/2009 y el 15/09/2009.

En este estudio, se considera que el plaguicida forma metabolitos que pueden contaminar el agua, si alguno de ellos tiene un índice de GUS alto o medio y/o un potencial alto o medio para ser transportado unido a partículas.

Para la distribución del plaguicida por grupo químico, se han considerado de forma individual los siguientes grupos: carbamatos, cloroacetamidas, inorgánicos, organoclorados, organofosforados, piretroides y triazinas y resto de grupos se engloba dentro del apartado de otros.

Para establecer la categoría de las variables del índice de GUS y el potencial de los plaguicidas para ser transportados unidos a partículas, se utilizan las categorías asignadas a cada plaguicida, en la base de datos PPDB y en la que estos indicadores se calculan y se interpretan según los criterios establecidos por Gustafson (tabla 2) y por Goss & Wauchope (tabla 3) respectivamente (17,19).

**Tabla 2: Cálculo e interpretación del índice de GUS**

|                                                                     |               |                                   |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| <b><math>GUS = \log (DT_{50}) \times (4 - \log (K_{oc}))</math></b> | GUS > 2,8     | Alta probabilidad de lixiviar     |
|                                                                     | GUS 1,8 – 2,8 | Potencial de lixiviación marginal |
|                                                                     | GUS < 1,8     | Poca probabilidad de lixiviar     |

**Tabla 3: Criterios para determinar el potencial de contaminación de una sustancia por transporte unido a partículas**

|                        | Criterio                                        |                 |             |
|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|-------------|
|                        | DT <sub>50</sub>                                | K <sub>oc</sub> | Solubilidad |
| <b>Potencial alto</b>  | ≥ 40 días                                       | ≥ 1000          |             |
|                        | ≥ 40 días                                       | ≥ 500           | = 0,5 mg/l  |
| <b>Potencial bajo</b>  | ≤ 1 día                                         |                 |             |
|                        | ≤ 2 días                                        | ≤ 500           |             |
|                        | ≤ 4 días                                        | ≤ 900           | ≥ 0, 5mg/l  |
|                        | ≤ 40 días                                       | ≤ 500           | ≥ 0, 5mg/l  |
|                        | ≤ 40 días                                       | ≤ 900           | ≥ 2,0mg/l   |
| <b>Potencial medio</b> | Todas combinaciones diferentes a las anteriores |                 |             |

### Análisis estadístico

Los datos fueron introducidos en una base de datos utilizando el programa Office Excel 2003. Posteriormente fueron analizados empleando el paquete estadístico SPSS v. 13.0.

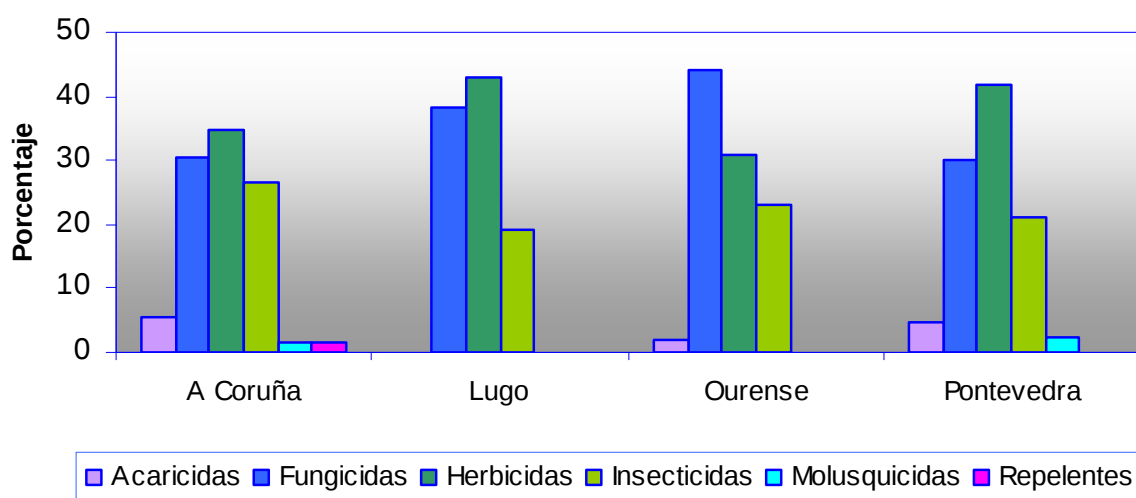
## RESULTADOS

A partir de los datos facilitados por la Consellería de Medio Rural, se han identificado un total de 108 sustancias activas diferentes usadas en productos fitosanitarios en Galicia, cuya distribución por provincias es la que se describe en el anexo 1. Un total de 70 sustancias están autorizadas para ser usadas en la formulación de productos fitosanitarios dentro del ámbito europeo, ya que están incluidas en el Anexo I de la directiva 91/414. Un total de 38 sustancias están excluidas del anexo I de la Directiva 91/414, de las cuales 23 tienen un período transitorio durante el que se pueden seguir comercializando los productos que contengan esas sustancias y las 15 sustancias restantes no se podrían comercializar en productos fitosanitarios.

La degradación de los fitosanitarios usados da lugar a la formación de metabolitos, en el suelo, que tienen un índice de GUS y/o un indicador de TUP alto o medio en un 57,4% de los casos, por lo que estos plaguicidas tienen potencial para producir contaminación de las masas de agua.

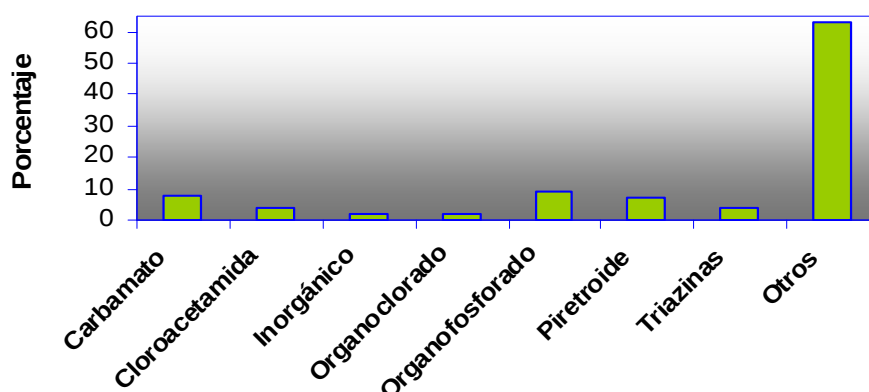
Los plaguicidas más usados en Galicia son los herbicidas con un 38,0% del total, seguido de fungicidas con el 33,3% e insecticidas con un 23,1%. La distribución de las sustancias fitosanitarias según su uso por provincias se representa en la figura 2 en la que se puede observar que en todas las provincias los fitosanitarios más utilizados son los herbicidas con la excepción de Ourense en la que son los fungicidas los más usados.

**Figura 2: Distribución de fitosanitarios por provincias y usos**



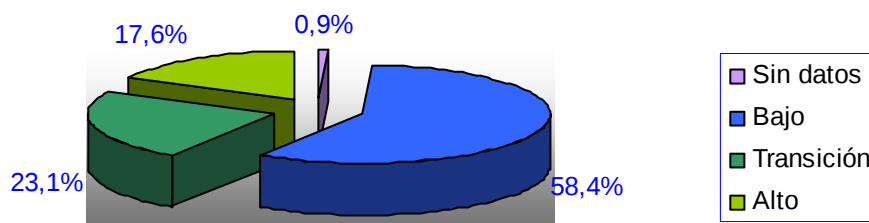
En la figura 3, se representa la distribución de las distintas sustancias activas por grupo químico y en la que se observa que la mayor parte de los fitosanitarios son de naturaleza orgánica y sólo el 1,9% es inorgánico. Entre los orgánicos, el grupo más numerosos es la miscelánea de grupos englobada en el apartado de otros y que entre los grupos químicos considerados de forma separada, el más numeroso es el de plaguicidas organofosforados y carbamatos, seguido de piretroides, triazinas y por último los organoclorados.

**Figura 3: Distribución de fitosanitarios según el grupo químico**



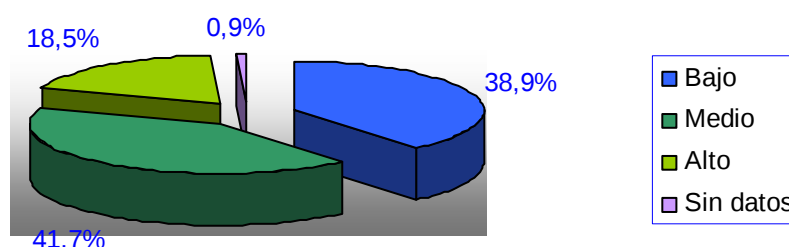
En la figura 4 se representa la distribución de plaguicidas según el valor del índice de GUS y aunque la mayoría tiene un índice bajo, casi un 18% de los plaguicidas tiene un índice alto y por tanto alta capacidad de lixiviación. No se han obtenido datos para el 0,9% de los plaguicidas.

**Figura 4: Distribución de fitosanitarios según el índice de GUS**



La capacidad de contaminar el agua por transporte del plaguicida unido a partículas se representa en la figura 5, observándose que el porcentaje de plaguicidas con un índice bajo y medio son similares. Los que tienen un potencial alto suponen el 18,5% del total. No se obtiene este dato para el 0,9% de los fitosanitarios.

**Figura 5: Distribución de fitosanitarios según el potencial de transporte unido a partículas**



Entre las sustancias estudiadas hay 19 que tienen un índice de GUS alto y su distribución por provincias se indica en la tabla 4, en la que se observa que el mayor número de sustancias se utiliza en la provincia de A Coruña, con un total de 13, seguida de Lugo con 9, Ourense con 7 y por último Pontevedra con 5. En esta misma tabla, se refleja el potencial que estas sustancias tienen para ser transportadas unidas a partículas, observándose que casi para el 53% de las mismas este potencial es medio y para las restantes bajo.

Cabe señalar el uso generalizado de picloran, sulcotriona, triadimenol, imidacloprid y terbutilazina.

**Tabla 4: Fitosanitarios con índice de GUS alto**

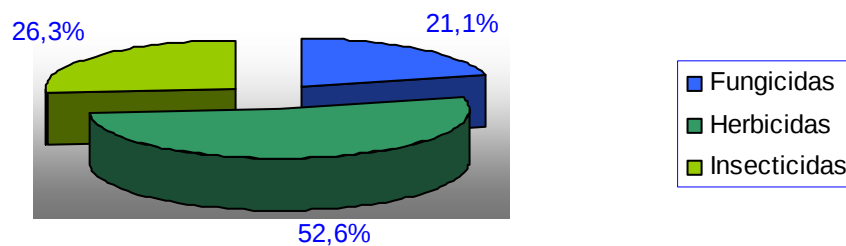
|                | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|----------------|----------|------|---------|------------|
| Atrazina       |          |      |         |            |
| Carbofuran     |          |      |         |            |
| Clopiralida    |          |      |         |            |
| Dicloropropano |          |      |         |            |
| Himexazol      |          |      |         |            |
| Imidacloprid   |          |      |         |            |
| Metolaclo      |          |      |         |            |
| Miclobutanil   |          |      |         |            |
| Nicosulfuron   |          |      |         |            |
| Ofurace        |          |      |         |            |
| Picloran       |          |      |         |            |
| Rinsulfuron    |          |      |         |            |
| Sulcotriona    |          |      |         |            |
| Terbumetona    |          |      |         |            |
| Terbutilazina  |          |      |         |            |
| Tiametoxam     |          |      |         |            |
| Triadimenol    |          |      |         |            |
| Triclopir      |          |      |         |            |
| Triclorfon     |          |      |         |            |

TUP medio

TUP bajo

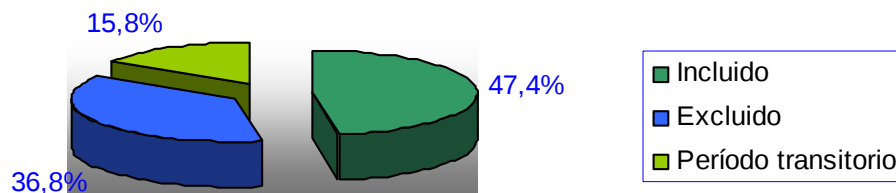
Entre las sustancias con alta capacidad de lixiviación predominan los herbicidas que suponen el 52,6% del total seguido por insecticidas con el 26,3% y fungicidas con el 21,1% tal y como viene reflejado en la figura 6.

**Figura 6: Distribución de los fitosanitarios con índice de GUS alto por usos**



En la figura 7 se representan los fitosanitarios con índice de GUS alto considerando su inclusión o no en el Anexo I de la directiva 91/414, observándose que casi el 47,4% están incluidas, mientras que de las excluidas, el 15,8% está dentro de período transitorio por lo que, por ahora, podrían seguir utilizándose.

**Figura 7: Distribución de fitosanitarios con índice de GUS alto según el estado en Anexo I**



Las 20 sustancias que tienen un potencial alto de ser transportadas unidas a partículas se representan en la tabla 5, en la que aparecen distribuidas por provincias. En esta tabla, se observa que la provincia en la que se utiliza un mayor número es en A Coruña, con 15

sustancias, seguida de Pontevedra con 10, Ourense con 9 y por último Lugo con 6. También se puede observar que el 85% tiene un índice de GUS bajo. Las sustancias que tienen un uso más generalizado son cobre, cipermetrin, y penconazol, que se usan en las cuatro provincias, seguidos por clorpirifos y dicofol que se usan en tres provincias.

**Tabla 5: Fitosanitarios con potencial TUP alto**

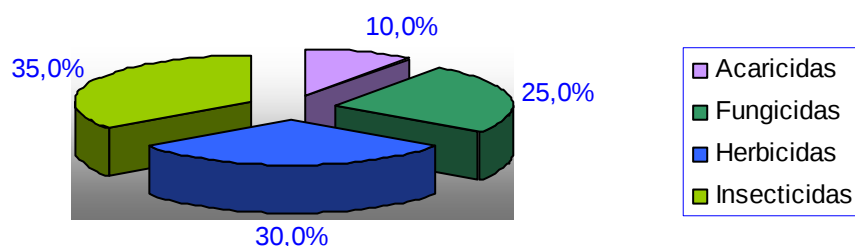
|                | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|----------------|----------|------|---------|------------|
| Acrinatin      |          |      |         |            |
| Benalaxil      |          |      |         |            |
| Bromopropilato |          |      |         |            |
| Cipermetrin    |          |      |         |            |
| Clorpirifos    |          |      |         |            |
| Cobre          |          |      |         |            |
| Dicofol        |          |      |         |            |
| Diiflufenicam  |          |      |         |            |
| Diquat         |          |      |         |            |
| Diuron         |          |      |         |            |
| Endosulfán     |          |      |         |            |
| Esfenvalerato  |          |      |         |            |
| Fludioxinil    |          |      |         |            |
| Flufenoxurón   |          |      |         |            |
| Oxadiazón      |          |      |         |            |
| Paraquat       |          |      |         |            |
| Penconazol     |          |      |         |            |
| Pendimetalina  |          |      |         |            |
| Propiconazol   |          |      |         |            |
| Teflubenzuron  |          |      |         |            |

GUS medio

GUS bajo

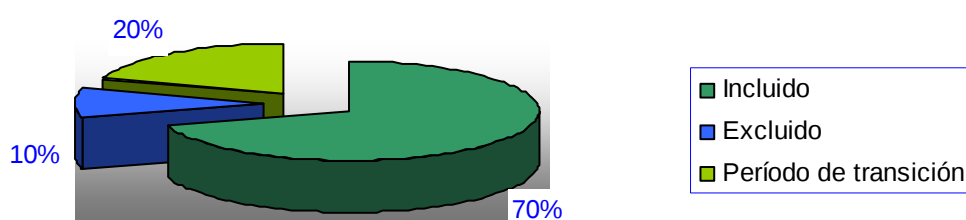
Entre estas sustancias, es mayoritario el porcentaje de insecticidas (35%), seguido de herbicidas (30%) y fungicidas (25%), tal y como se refleja en la figura 8.

**Figura 8: Distribución de fitosanitarios con potencial TPU alto por usos**



En la figura 9 se puede observar que el 70% de las sustancias con potencial de transporte unido a partículas alto están incluidas en el Anexo I, mientras que de las excluidas, un 20% son sustancias con un período transitorio, por lo que se puedan seguir comercializando los productos que las contienen.

**Figura 9: Fitosanitarios con potencial TUP alto según el estado en Anexo I**



Las sustancias que presentan índice de GUS medio y potencial de TUP bajo, distribuidas por provincias se representan en la tabla 6. Son 12 sustancias, de las que en A Coruña se utilizan 8, en Ourense 7 y en Lugo y Pontevedra 6. Los herbicidas 2,4 D, acetocloro, y MCPA se utilizan en todas las provincias y alacloro y dicamba en tres.

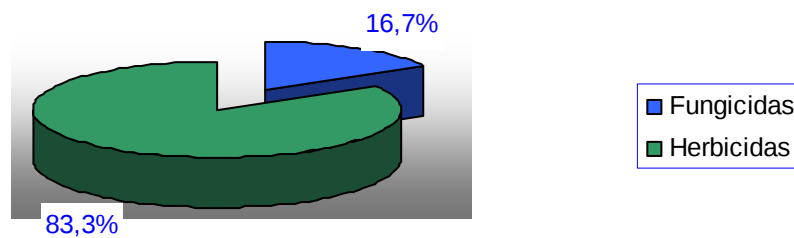
**Tabla 6: Fitosanitarios con GUS medio y TUP bajo**

|              | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|--------------|----------|------|---------|------------|
| 2,4-D        |          |      |         |            |
| Acetocloro   |          |      |         |            |
| Alacloro     |          |      |         |            |
| Carbendazima |          |      |         |            |
| Clorprofam   |          |      |         |            |
| Dicamba      |          |      |         |            |
| Dimetenamida |          |      |         |            |
| MCPA         |          |      |         |            |
| Metam        |          |      |         |            |
| Metribuzina  |          |      |         |            |
| Propamocarb  |          |      |         |            |
| Diclorimid   |          |      |         |            |

La distribución de los fitosanitarios con índice de GUS medio y potencial de TUP bajo por usos se representa en la figura 10, en la que se observa que la mayoría son herbicidas con más del

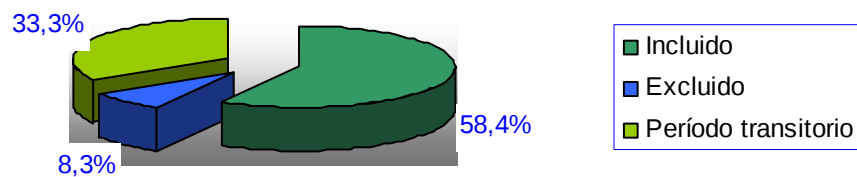
83% del total.

**Figura 10: Distribución de fitosanitarios con índice GUS medio y potencial TUP bajo por usos**



En la figura 11 se representa la distribución de estos fitosanitarios, según su estado en el Anexo I de la Directiva 91/414, en la que se observa que más del 58% de los fitosanitarios están incluidos en el Anexo I y que de los excluidos, un porcentaje superior al 33% está dentro del período transitorio.

**Figura 11: Distribución de fitosanitarios con índice de GUS medio y potencial de TUP bajo según el estado en Anexo I**



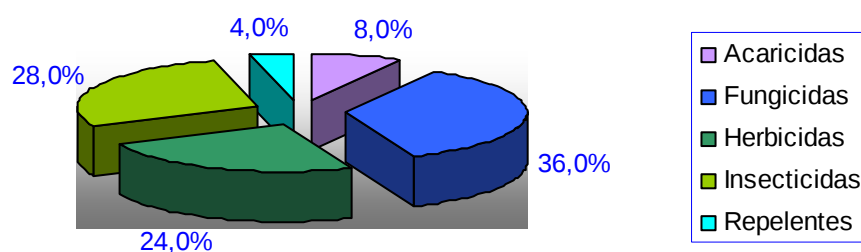
En la tabla 7 se representa la distribución de los fitosanitarios con potencial TPU medio e índice de GUS bajo por provincias, en A Coruña se utilizan 15 de estas sustancias, en Ourense 14, y en Lugo y Pontevedra 8. Los herbicidas glifosato y lambda cihalotrin son los de uso más generalizado, seguidos por azufre, ciprodinil y teflutrin.

**Tabla 7: Fitosanitarios con TUP medio y GUS bajo**

|                   | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|-------------------|----------|------|---------|------------|
| Abamectina        |          |      |         |            |
| Alfacipermetrin   |          |      |         |            |
| Antraquinona      |          |      |         |            |
| Azufre            |          |      |         |            |
| Bitertanol        |          |      |         |            |
| Ciazofamida       |          |      |         |            |
| Ciflutrin         |          |      |         |            |
| Ciprodinil        |          |      |         |            |
| Clortal           |          |      |         |            |
| Clortalonil       |          |      |         |            |
| Deltametrina      |          |      |         |            |
| Famoxadona        |          |      |         |            |
| Fluazifop-p-butil |          |      |         |            |
| Fluazinam         |          |      |         |            |
| Glifosato         |          |      |         |            |
| Hexitiazox        |          |      |         |            |
| Lambda Cihalotrin |          |      |         |            |
| Metil pirimifos   |          |      |         |            |
| Orizalina         |          |      |         |            |
| Oxifluorfen       |          |      |         |            |
| Piraclostrobín    |          |      |         |            |
| Piridafentión     |          |      |         |            |
| Quizalofop-p-etil |          |      |         |            |
| Teflutrin         |          |      |         |            |
| Tirám             |          |      |         |            |

En la figura 12, se representa la distribución de fitosanitarios con TPU medio e índice de GUS bajo por usos ,en la que se puede observar que un 36% son fungicidas, seguidos de insecticidas con 28% y herbicidas con el 24%.

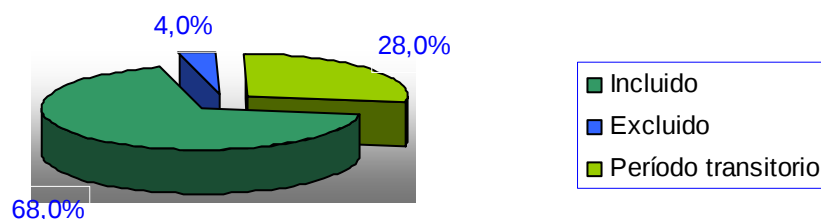
**Figura 12: Distribución de fitosanitarios con potencial de TUP medio e índice de GUS bajo por usos**



En la figura 13 se representan estos fitosanitarios de acuerdo con el estado en el Anexo I, en la

que se puede ver que el 68% están incluidos en el Anexo y que un elevado porcentaje (28%), están dentro del período transitorio.

**Figura 13: Distribución de fitosanitarios con potencial de TUP medio e índice de GUS bajo según el estado en Anexo I**



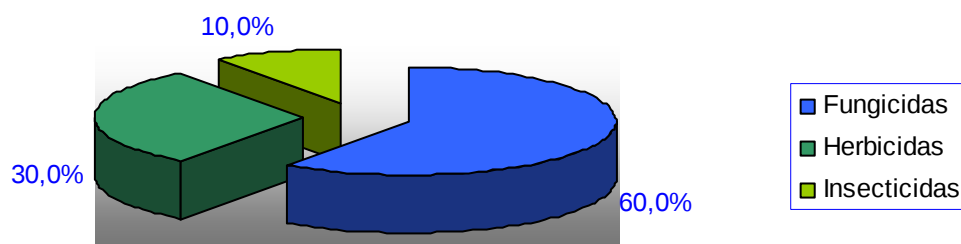
En la tabla 8 se representa la distribución por provincias de los fitosanitarios que tienen un índice de GUS medio y un potencial de transporte unido a partículas medio. Son 10 sustancias diferentes y el mayor número se usa en la provincia de A Coruña y Ourense con 6, seguido de Pontevedra con 3 y finalmente Lugo en la que se usan dos de estas sustancias. Las de uso más generalizado son iprodiona y metalaxil.

**Tabla 8: Fitosanitarios con GUS medio y TUP medio**

|              | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|--------------|----------|------|---------|------------|
| Azoxistrobin |          |      |         |            |
| Ciromazina   |          |      |         |            |
| Clortoluron  |          |      |         |            |
| Dimetomorf   |          |      |         |            |
| Iprodiona    |          |      |         |            |
| Isoxaben     |          |      |         |            |
| Linuron      |          |      |         |            |
| Metalaxil    |          |      |         |            |
| Pirimetanil  |          |      |         |            |
| Tebuconazol  |          |      |         |            |

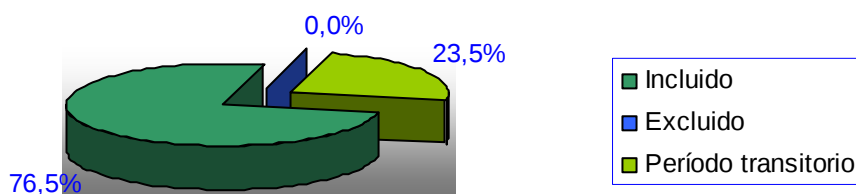
En la figura 14, se observa que la mayoría de estas sustancias se usan como fungicidas (60%) seguido de herbicidas (30%) e insecticidas (10%).

**Figura 14: Distribución de fitosanitarios con índice de GUS y potencial T.U.P medios por usos**



Tal y como se aprecia en la figura 15, la mayoría de las sustancias están incluidas en el Anexo I y todas las sustancias excluidas pueden seguir comercializándose.

**Figura 15: Distribución de fitosanitarios con índice GUS y potencial T.U.P medios según el estado en Anexo I**



Una vez conocida la situación de los plaguicidas en Galicia, el siguiente paso sería establecer el listado de las sustancias que serían prioritarias para determinar en el agua de consumo humano. Esta lista estaría constituida por las sustancias que tienen un índice de GUS o un potencial de TUP alto, ya que son estos plaguicidas los que tienen una mayor capacidad de lixiviar o de ser transportadas a aguas superficiales mediante escorrentía. Por lo tanto, estaría constituida por las tablas 4 y 5.

## DISCUSIÓN

Con este estudio se ha pretendido realizar una identificación de los fitosanitarios, utilizados en Galicia que tienen un mayor potencial para contaminar el agua. Para esto se han clasificado en tres categorías según el valor que toman dos indicadores, índice de GUS y potencial TUP, que tienen en cuenta propiedades físico-químicas del plaguicida. Sin embargo, no se han tenido en cuenta otros factores como las características del suelo, condiciones climatológicas, tipo de cultivo o la frecuencia de aplicación del fitosanitario, que también influyen en el transporte del fitosanitario desde el suelo al agua por escorrentía o lixiviación. Por este motivo, los resultados no se pueden considerar una determinación del riesgo y deben tomarse como una indicación del peligro de cada sustancia. Asimismo otra de las limitaciones de este estudio es que no disponemos de la cantidad usada de cada plaguicida de forma individual, aunque en general y según los datos de los informes de los Servicios Técnicos Agrarios los más usados coinciden con aquellos que tienen mayor difusión en nuestra Comunidad.

Entre los fitosanitarios con elevado potencial contaminante del agua, la atrazina, el clorpirifos, el diuron y el endosulfan, merecen especial atención puesto que la directiva marco del agua las considera prioritarias para su determinación en el agua superficial, debido al riesgo que puede derivarse de su presencia para el medio acuático o al captar esta agua para producir agua potable (24,25).

Los fitosanitarios con un índice de GUS en la zona de transición o con potencial TUP medio, tienen una menor probabilidad de contaminar el agua por lixiviación o escorrentía. Sin embargo, no se puede descartar dicha posibilidad y el papel de los factores ambientales adquiere mayor relevancia (17). En este grupo, los herbicidas merecen especial atención, ya que son detectados con frecuencia en los estudios existentes sobre monitorización de fitosanitarios en el agua (13,15) y son el grupo más usado en Galicia. Sustancias como 2,4 D, MCPA, metribuzina y glifosato pueden lixiviar al agua dependiendo de las condiciones del suelo y climatológicas (21) y no se han incluido en el listado de sustancias prioritarias porque tienen potencial medio para contaminar el agua pero que de usarse en cantidades elevadas (no se dispone de este dato), debería considerarse su inclusión.

En Galicia existe un gran número de abastecimientos y algunos proporcionan servicio a un número pequeño de usuarios (26). En estos casos y dado que el número de plaguicidas con potencial alto de contaminación del agua es elevado, podría considerarse reducir el número de sustancias a determinar en el agua. En todo caso, las sustancias indicadas anteriormente como prioritarias dentro de la directiva marco del agua deberían determinarse siempre.

Por otro lado, la lista de fitosanitarios que deben determinarse en el agua debería ser revisada y actualizada periódicamente ya que entre los fitosanitarios, que en este estudio, se consideran prioritarios hay casi un 36% de sustancias que están excluidas del Anexo I pero que

actualmente se pueden comercializar, pero que una vez transcurrido ese período, no podrán utilizarse para formular productos fitosanitarios, para la mayoría la fecha límite es el año 2011 (21).

Las comunidades autónomas de Andalucía, Murcia, País Vasco y Castilla y León, han incluido en sus programas de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano la determinación de fitosanitarios (27-30). No consta que realizasen ningún estudio previo similar al desarrollado en este trabajo, a excepción de Murcia, comunidad autónoma en la que existe un estudio (31) cuyo criterio principal fue el realizar una encuesta para conocer los fitosanitarios más usados.

## **Conclusiones**

Los fitosanitarios más utilizados en Galicia son los herbicidas, seguidos de fungicidas e insecticidas. La mayor parte de las sustancias activas están autorizadas para su uso en productos fitosanitarios (incluidas en el Anexo I de la Directiva 91/414/CEE), sin embargo, se están utilizando un elevado número de sustancias que están excluidas del Anexo I, aunque de momento los productos que las contienen, disponen de un período transitorio en el que pueden seguir comercializándose.

De las 108 sustancias activas estudiadas, un total de 39 tienen un potencial alto para contaminar el agua por lixiviación o escorrentía y son las que se incluyen en la lista de fitosanitarios que se deben determinar en el agua de consumo humano

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Ongley E. Control of water pollution from agriculture [monografía en internet]. Roma: FAO; 1996 (acceso 08/05/2009). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/W2598e/w2598e07.htm>
- 2- Arias-Estévez Manuel, López-Periago Eugenio, Martínez-Carballo Elena, Simal-Gándara Jesús, Mejuto Juan-Carlos, García-Río Luis. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2008; 123: 247-260.
- 3- European Commission. Agriculture and Rural Development, 2003 [actualizada el 26 de marzo de 2009; acceso 17 de julio de 2009]. *Agriculture and Environment*. Disponible en: [http://ec.europa.eu/agriculture/envir/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/envir/index_en.htm)
- 4- Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas [sede web]. Cifras del mercado español 2008. [Acceso 8 de julio de 2009]. Disponible en: <http://www.aepla.es/contenidos/cpcontent.asp?contentid=2191&nodeid=816>
- 5- Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios. *Diario Oficial de la Comunidad Europea* núm. L 230/ 1-32 (19 de agosto de 2008).
- 6- McKinlay R, Plant JA, Bell JNB, Voulvoulis N. Endocrine disrupting pesticides: Implications for risk assessment. *Environment International* 2008; 34: 168-183.
- 7- Kamel F, Tanner CM, Umbach DM, Hoppin JA, Alavanja MCR, Blair A et al. Pesticide exposure and self-reported Parkinson's disease in the agricultural health study. *American Journal of Epidemiology* 2007; 165: 364-365.
- 8- Andreotti G, Freeman LEB, Hou LF, Coble J, Rusiecki J, Hoppin JA et al. Agricultural pesticide use and pancreatic cancer risk in the Agricultural Health Study Cohort. *International Journal of Cancer* 2009; 124: 2495-500.
- 9- Wauchoppe R Don, Yeh Simon, Linders Jan BHJ, Kloskowski Regina, Tanaka Keiji, Rubin Baruch et al. Pesticide soil sorption parameters: theory, measurement, uses, limitations and reliability (review). *Pest Management Science* 2002; 58: 419-45.
- 10- Corbin M, Eckel W, Ruhman M, Spatz D, Thurman N, Gangaraju R et al. NAFTA Guidance Document for Conducting Terrestrial Field Dissipation Studies. (Internet) United States Environmental Protection Agency; 2006 (acceso 2 de julio de 2009). Disponible en: [http://www.epa.gov/oppefed1/ecorisk\\_ders/terrestrial\\_field\\_dissipation.htm](http://www.epa.gov/oppefed1/ecorisk_ders/terrestrial_field_dissipation.htm)
- 11- Roberts Terry R. Assessing the environmental fate of agrochemicals. *Journal of Environmental Science and Health* 1996; B 31 (3): 325-35.
- 12- European Commission [sede web] Directorate General for Agriculture 2000 [acceso 14 de julio de 2009]. Guidance document on persistence in soil.

Disponible en: [http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/guidance/wrkdoc11\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/guidance/wrkdoc11_en.pdf)

13- Claver A, Ormad P, Rodríguez L, Ovelleiro JL. Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain). *Chemosphere* 2006; 64:1437-43.

14- Sánchez-Camazano M, Lorenzo LF, Sánchez-Martín MJ. Atrazine and Alachlor inputs to surface and ground waters in irrigated corn cultivation areas of Castilla-Leon region, Spain. *Environ Monit Assess* 2005; 105: 11-24.

15- Terrado Marta, Kuster Marina, Raldúa Demetrio, López de Alda Miren, Barceló Damià, Tauler Romà. Use of chemometric and geostatistical methods to evaluate pesticide pollution in the irrigation and drainage channels of the Ebro river delta during the rice-growing season. *Anal Bioanal Chem* 2007; 387: 1479-88.

16- Geisler Georg, Hellweg Stefanie, Liechti Simon, Hungerbühler Konrad. Variability assesment of groundwater exposure to pesticides and its consideration in life-cycle assessment. *Environmental Science & Technology* 2004; 38 (16): 4457-64.

17- Gustafson D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability (hazard assessment). *Environmental Toxicology and Chemistry* 1989; 8: 339-57.

18- PAN Pesticide Database [base de datos en Internet]. Pesticida Action Network North America (San Francisco) 2009 [acceso 17 de septiembre de 2009].

Disponible en: [http://www.pesticideinfo.org/Search\\_Products.jsp](http://www.pesticideinfo.org/Search_Products.jsp)

19- University of Hertfordshire [sede web]. Agriculture and Environment Research Unit, Science & Technology Research Institute 2009. The PPDB Background and Support Information. Disponible

en: [http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/it/docs/PPDB\\_Background\\_and\\_Support.pdf](http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/it/docs/PPDB_Background_and_Support.pdf)

20- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *Boletín Oficial del Estado* núm. 45 (21 de febrero de 2003).

21- European Union Pesticides Database [base de datos en Internet]. DG SANCO. 2008 [actualizada en 10 de septiembre de 2009; acceso del 13 de agosto al 9 de septiembre de 2009] Disponible en: [http://ec.europa.eu/sanco\\_pesticides/public/index.cfm](http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm)

22- Registro de Productos Fitosanitarios [base de datos en Internet]. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Marino y Rural [actualizada 5 de octubre de 2009; acceso del 17 de agosto al 10 de setiembre de 2009].

Disponible en: <http://www.mapa.es/es/agricultura/pags/fitos/fitos.asp>

23- A to Z List of Pesticide Active Ingredients [base de datos en Internet]. University of Hertfordshire 2008. [actualizada en 5 de octubre de 2009; acceso del 10 de agosto al 15 de setiembre de 2009]. Disponible en: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>

24- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 327/1-21 (22 de diciembre de 2000-12-2000).

25- Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. Diario Oficial la Unión Europea, L 348/95-97 (24-12-2008).

26- Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo [página web]. Ministerio de Sanidad y Política Social [acceso 2 de septiembre de 2009]

Disponible en: <http://sinac.msc.es/>

27- Dirección General de Salud Pública. Programa de control y vigilancia sanitaria de las aguas de consumo humano en la Región de Murcia 2005. Consejería de Sanidad.

28- Dirección General de Salud Pública y Participación. Programa de vigilancia sanitaria y calidad del agua de consumo de Andalucía. Consejería de Salud 2005.

29- Departamento de Sanidad y Consumo [sede web] Programa de Vigilancia Sanitaria y Control da las Aguas de Consumo Público de la CAPV [acceso 20 de agosto de 2009]

Disponible en: [http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/informacion/sanidad\\_ambiental/es\\_1249/aguas\\_informacion\\_c.html](http://www.euskadi.net/r33-2288/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/aguas_informacion_c.html)

30- Junta de Castilla y León [sede web] Programa de Vigilancia Sanitaria de Aguas de consumo Humano 2009 [acceso el 2 de septiembre de 2009]

Disponible en: <http://www.saludcastillayleon.es/sanidadambiental>

31- Sanz Navarro, J. Utilización de plaguicidas en las asociaciones de tratamientos integrados en agricultura de la Región de Murcia. Servicio de Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad de la Región de Murcia 2008.

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer al personal del Servizo de Sanidade e Producción Vexetal da Consellería de Medio Rural y al personal de los Servicios Técnicos Provinciales su colaboración, sin la cual me habría sido imposible realizar este trabajo.

Agradezco en particular a Inés Mato, tutora de este trabajo, su interés y colaboración.

## ANEXO I

|                   | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|-------------------|----------|------|---------|------------|
| 2,4 D             |          |      |         |            |
| Abamectina        |          |      |         |            |
| Acefato           |          |      |         |            |
| Acetocloro        |          |      |         |            |
| Acrinatin         |          |      |         |            |
| Alacloro          |          |      |         |            |
| Alfacipermetrin   |          |      |         |            |
| Antraquinona      |          |      |         |            |
| Asulam            |          |      |         |            |
| Atrazina          |          |      |         |            |
| Azoxistrobin      |          |      |         |            |
| Azufre            |          |      |         |            |
| Benalaxil         |          |      |         |            |
| Bitertanol        |          |      |         |            |
| Bromopropilato    |          |      |         |            |
| Bromoxinil        |          |      |         |            |
| Captan            |          |      |         |            |
| Carbendazima      |          |      |         |            |
| Carbofuran        |          |      |         |            |
| Ciazofamida       |          |      |         |            |
| Ciflutrin         |          |      |         |            |
| Cimoxanilo        |          |      |         |            |
| Cipermetrin       |          |      |         |            |
| Ciprodinil        |          |      |         |            |
| Ciromazina        |          |      |         |            |
| Clopiralida       |          |      |         |            |
| Clorpirifos       |          |      |         |            |
| Clorprofam        |          |      |         |            |
| Clortal           |          |      |         |            |
| Clortalonil       |          |      |         |            |
| Clortoluron       |          |      |         |            |
| Cobre             |          |      |         |            |
| Deltametrina      |          |      |         |            |
| Diazinon          |          |      |         |            |
| Dicamba           |          |      |         |            |
| Diclormid         |          |      |         |            |
| Dicloropropano    |          |      |         |            |
| Dicofol           |          |      |         |            |
| Diflufenicam      |          |      |         |            |
| Dimetenamida      |          |      |         |            |
| Dimetomorf        |          |      |         |            |
| Diquat            |          |      |         |            |
| Diuron            |          |      |         |            |
| Endosulfán        |          |      |         |            |
| Esfenvalerato     |          |      |         |            |
| Famoxadona        |          |      |         |            |
| Fenhexamida       |          |      |         |            |
| Fenitrothion      |          |      |         |            |
| Fluazifop-p-butil |          |      |         |            |
| Fluazinam         |          |      |         |            |
| Fludioxinil       |          |      |         |            |
| Flufenoxurón      |          |      |         |            |

## ANEXO I (cont.)

|                   | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|-------------------|----------|------|---------|------------|
| Fluoroxipir       |          |      |         |            |
| Folpet            |          |      |         |            |
| Fosetil-Al        |          |      |         |            |
| Glifosato         |          |      |         |            |
| Glufosinato       |          |      |         |            |
| Hexitiazox        |          |      |         |            |
| Himexazol         |          |      |         |            |
| Imidacloprid      |          |      |         |            |
| Iprodiona         |          |      |         |            |
| Isoxaben          |          |      |         |            |
| Lambda cihalotrin |          |      |         |            |
| Linuron           |          |      |         |            |
| Malation          |          |      |         |            |
| Mancozeb          |          |      |         |            |
| MCPA              |          |      |         |            |
| Mesotriona        |          |      |         |            |
| Metalaxil         |          |      |         |            |
| Metaldehido       |          |      |         |            |
| Metam             |          |      |         |            |
| Metil pirimifos   |          |      |         |            |
| Metiltiofanato    |          |      |         |            |
| Metiocarb         |          |      |         |            |
| Metiram           |          |      |         |            |
| Metolaclo         |          |      |         |            |
| Metribuzina       |          |      |         |            |
| Miclobutanil      |          |      |         |            |
| Nicosulfuron      |          |      |         |            |
| Ofurace           |          |      |         |            |
| Orizalina         |          |      |         |            |
| Oxadiazón         |          |      |         |            |
| Oxifluorfen       |          |      |         |            |
| Paraquat          |          |      |         |            |
| Penconazol        |          |      |         |            |
| Pendimetalina     |          |      |         |            |
| Picloran          |          |      |         |            |
| Piraclostrobín    |          |      |         |            |
| Piridafentión     |          |      |         |            |
| Pirimetanil       |          |      |         |            |
| Procimidona       |          |      |         |            |
| Propacloro        |          |      |         |            |
| Propamocarb       |          |      |         |            |
| Propiconazol      |          |      |         |            |
| Propineb          |          |      |         |            |
| Quizalofop-p-etil |          |      |         |            |
| Rinsulfuron       |          |      |         |            |
| Sulcotriona       |          |      |         |            |
| Tebuconazol       |          |      |         |            |
| Teflubenzuron     |          |      |         |            |
| Teflutrin         |          |      |         |            |
| Terbumetona       |          |      |         |            |
| Terbutilazina     |          |      |         |            |
| Tiametoxam        |          |      |         |            |

ANEXO I (cont.)

|             | A Coruña | Lugo | Ourense | Pontevedra |
|-------------|----------|------|---------|------------|
| Tirám       |          |      |         |            |
| Triadimenol |          |      |         |            |
| Triclopir   |          |      |         |            |
| Triclorfon  |          |      |         |            |