

# Proyecto Fin de Carrera

## Ingeniería de las Tecnologías Industriales

### Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de fitosanitarios en el olivar

Autor: Pablo Ignacio González del corral Martín

Tutores: Bernabé Alonso Fariñas

Ricardo Arjona Antolín

**Dpto. Ingeniería Química y Ambiental**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2021





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de las Tecnologías Industriales

# **Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de fitosanitarios en el olivar**

Autor:

Pablo Ignacio González del Corral Martín

Tutores:

Bernabé Alonso Fariñas

Profesor Contratado Doctor

Ricardo Arjona Antolín

Profesor Asociado

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021



Proyecto Fin de Carrera: Evaluación del impacto ambiental de la aplicación de fitosanitarios en el olivar

Autor: Pablo Ignacio González del Corral Martín

Tutores: Bernabé Alonso Fariñas  
Ricardo Arjona Antolín

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis compañeros*





# Agradecimientos

---

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores Bernabé y Ricardo por haber confiado en mí desde el principio y haberme guiado y ayudado a superar los problemas que han ido apareciendo durante la realización del trabajo. Agradecer también al equipo de Ec2ce por su tiempo y atención, en especial a Pedro, María y Miguel, quienes hasta el final han seguido el trabajo semana a semana y han facilitado los datos necesarios para desarrollar el proyecto.

Por último, quiero agradecer a mi familia por haberme inculcado la inquietud de trabajar en intentar mejorar el sector agroalimentario.

*Pablo González del Corral Martín*

*Sevilla, 2021*



# Resumen

---

Con la aparición de la inteligencia artificial han surgido empresas que desarrollan modelos predictivos aplicados a la agricultura. Entre ellas está ec2ce, una empresa sevillana que ha desarrollado diferentes modelos predictivos para varios cultivos de Andalucía entre los que se encuentra el olivar.

Motivado por esta empresa y en colaboración con ellos se ha desarrollado una herramienta capaz de cuantificar el impacto “midpoint” que supone tratar con fitosanitarios para combatir la plaga de la mosca del olivo. Para ello se realizará un ACV de las sustancias activas que se emplean en la actualidad y se determinará que procesos será necesario considerar al elaborar la herramienta que poseerá un uso comercial.



# Abstract

---

With the emergence of artificial intelligence, companies have emerged that develop predictive models applied to agriculture. Among them is ec2ce, a Sevillian company that has developed different predictive models for various Andalusian crops, including the olive grove.

Motivated by this company and in collaboration with them, a tool has been developed capable of quantifying the midpoint impact of dealing with phytosanitary products to combat the olive fruit fly plague. For this, an LCA of the active substances that are currently used will be carried out and it will be determined which processes it will be necessary to consider when developing the tool that will have a commercial use.

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xiv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xviii</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. <i>La mosca del olivo</i>	1
1.2. <i>Aplicación de fitosanitarios</i>	1
1.3. <i>Análisis de Ciclo de Vida</i>	2
<b>2 Objetivo y alcance</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Lista de sustancias activas</i>	3
2.2. <i>Análisis de ciclo de vida</i>	3
2.3. <i>Construcción de la herramienta</i>	3
<b>3 Metodología</b>	<b>11</b>
3.1. <i>Lista de sustancias activas</i>	11
3.2. <i>Análisis de Ciclo de Vida</i>	11
3.1.1. <i>Definición de Análisis de Ciclo de Vida</i>	11
3.1.2. <i>Desarrollo de un Análisis de Ciclo de Vida</i>	12
3.3. <i>Construcción de la herramienta</i>	13
<b>4 Resultados y discusión</b>	<b>14</b>
4.1. <i>Lista de sustancias activas</i>	14
4.2. <i>Análisis de Ciclo de Vida</i>	14
4.2.1. <i>Definición del objetivo y alcance del ACV</i>	14
4.2.2. <i>Análisis de inventario de ciclo de vida</i>	16
4.2.3. <i>Evaluación del impacto del ciclo de vida</i>	23
4.2.4. <i>Interpretación de los resultados</i>	29
4.3. <i>Construcción de la herramienta</i>	35
4.3.1. <i>Elección de procesos a considerar</i>	35
4.3.2. <i>Inventarios</i>	35
4.3.3. <i>Interfaz</i>	36
<b>5. Conclusiones</b>	<b>37</b>
<b>Anexos</b>	<b>39</b>
<i>ANEXO I: Categorías de impacto contempladas en el método EF 3.0</i>	39
<i>ANEXO II: Presión de vapor de las sustancias activas</i>	39
<i>ANEXO III: Cálculo de los inventarios generales</i>	40
<i>ANEXO IV: Categorización de las sustancias activas</i>	41
<i>ANEXO V: Ruta de las sustancias activas en el ambiente</i>	41
<b>Referencias</b>	<b>43</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 4-1. Inventario aplicación acetamiprid	17
Tabla 4-2. Inventario aplicación alfacipermetrin	18
Tabla 4-3. Inventario aplicación deltametrin	19
Tabla 4-4. Inventario aplicación lambdacihalotrin	20
Tabla 4-5. Inventario aplicación fosmet	21
Tabla 4-6. Inventario aplicación zetacipermetrin	22
Tabla 4-7. Impacto aplicación acetamiprid	23
Tabla 4-8. Impacto aplicación alfacipermetrin	24
Tabla 4-9. Impacto aplicación deltametrin	25
Tabla 4-10. Impacto aplicación lambdacihalotrin	26
Tabla 4-11. Impacto aplicación fosmet	27
Tabla 4-12. Impacto aplicación zetacipermetrin	28
Tabla 4-13. Impacto porcentual acetamiprid	29
Tabla 4-14. Impacto porcentual alfacipermetrin	30
Tabla 4-15. Impacto porcentual deltametrin	31
Tabla 4-16. Impacto porcentual lambdacihalotrin	32
Tabla 4-17. Impacto porcentual fosmet	33
Tabla 4-18. Impacto porcentual zetacipermetrin	34
Tabla 4-19. Inventario libre emisiones diesel	35
Tabla 0-1. Categorías de impacto del EF 3.0 method	39
Tabla 0-2. Presión de vapor de las sustancias activas	39
Tabla 0-3. Sustancias activas categorizadas	41
Tabla 0-4. Ruta de las sustancias activas en el ambiente	41
Tabla 0-5. Referencias web de la constante Kd	41





# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 3-1. Estructura de un ACV según normas UNE-EN-ISO 14040-44	12
Figura 4-1. Sistema genérico de aplicación de una sustancia activa	15
Figura 4-2. Gráfica aportación de las categorías de impacto acetamiprid	29
Figura 4-3. Gráfica aportación de las categorías de impacto alfacipermetrin	30
Figura 4-4. Gráfica aportación de las categorías de impacto deltametrin	31
Figura 4-5. Gráfica aportación de las categorías de impacto lambdacihalotrin	32
Figura 4-6. Gráfica aportación de las categorías de impacto fosmet	33
Figura 4-7. Gráfica aportación de las categorías de impacto zetacipermetrin	34
Figura 4-8. Interfaz herramienta final	36

# 1 INTRODUCCIÓN

---

El cultivo del olivar lleva dándose en la península ibérica desde el año 1050 AC y fue con la llegada de los romanos a la península cuando se potenció y se le dió la importancia que posee hasta nuestros días. En la actualidad existen numerosas variedades y marcos de cultivos y se han desarrollado numerosos avances en la forma de recoger su fruto, la oliva, como las recientes máquinas vendimiadoras que se emplean en marcos de cultivo superintensivo y en seto. [1]

Para situar la importancia de este cultivo cabe destacar que España posee más del 30% de la producción mundial de aceite, y en concreto en Andalucía se produce el 85% de todo el aceite producido en España. [2]

Como todo cultivo posee numerosas plagas que producen mermas en el cultivo y el agricultor debe combatir las normalmente con fitosanitarios. Una de las plagas más conocidas es la mosca del olivo.

## 1.1. La mosca del olivo

La mosca del olivo (*Bactrocera oleae*) es un insecto procedente de algunos países de Asia y África y que afecta actualmente también a los olivares de España y Portugal. La época de máximo desarrollo de este insecto coincide con la primavera. Normalmente entre los meses de marzo y abril las moscas adultas se alimentan de las sustancias azucaradas presentes en las flores. Las hembras depositan sus huevos en aquellas aceitunas que no están picadas con anterioridad y cuyo desarrollo es pleno.

La larva se desarrolla en el interior produciendo una disminución de peso, calidad y rendimiento del fruto. La forma de reconocer las aceitunas afectadas por la mosca del olivo es muy sencilla, ya que las zonas afectadas aparecen manchadas y presentan tonalidades blanquiverdes y amarillentas. La larva de la mosca produce pequeños agujeros en la aceituna por donde se pueden ir hongos y otros agentes patógenos. El resultado de este ataque puede ser un aceite extremadamente ácido, deteriorado y no apto para el consumo humano. [3]

## 1.2. Aplicación de fitosanitarios

La aplicación de fitosanitarios ha ido evolucionando adaptándose a los avances mecánicos y tecnológicos, así como a las normativas que han ido apareciendo a lo largo de los años. Hace no muchos años no era difícil ver las avionetas aplicando fitosanitarios desde el aire, hoy sin embargo esta práctica está totalmente prohibida. Este es uno de los muchos ejemplos de la evolución que se está dando en el campo de los pesticidas ya que la sociedad es cada vez más consciente de los problemas ambientales que existen hoy en día.

Cada vez más esfuerzos se centran en desarrollar productos menos perjudiciales pero que a su vez sigan cumpliendo la importante labor para la que se emplean. Además, existe un registro que dicta los fitosanitarios que es legal emplear y donde se van modificando y prohibiendo los más perjudiciales en aras de hacer más responsable con el medio ambiente el uso de éstos.

Actualmente la forma más común de tratar el olivar es con un tractor arrastrando un atomizador. Un atomizador es una maquinaria que consta de un depósito de gran capacidad y un sistema que cuenta con una gran hélice y diferentes boquillas de forma que crea una nube de caldo. Entiéndase por caldo la mezcla de agua con los diferentes productos con los que se esté tratando.

En función del tamaño de las boquillas y la velocidad del tractor se hace el cálculo de la cantidad de caldo que se atomiza por hectárea. Además, dependiendo del tamaño del atomizador y de la pendiente que tenga la finca a tratar se precisará de un tractor con mayor o menor potencia.

### 1.3. Análisis de Ciclo de Vida

Una de las definiciones más utilizadas para el ACV es la siguiente:

Norma ISO 14040: *“El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”*

Gracias a desarrollar un ACV de las diferentes sustancias desde que se crean hasta después de ser aplicadas en el cultivo del olivar podremos ver el impacto que provocan en el ambiente.

## 2 OBJETIVO Y ALCANCE

---

**E**l objetivo del trabajo es desarrollar una herramienta de cálculo que permita evaluar el impacto de la aplicación de fitosanitarios para paliar la mosca del olivo.

Dicho objetivo viene motivado por la empresa Ec2ce, una empresa sevillana que desarrolla modelos predictivos para la agricultura. Con dicha herramienta se podrá evaluar el impacto por hectárea y tendrá como una de sus utilidades cuantificar las diferencias entre distintos criterios de aplicación de pesticidas.

El alcance debe ser tal que la herramienta pueda ser usada por la empresa por lo que para ello debe estar creada sin ningún tipo de restricción de los datos o programas empleados para desarrollarla. Con este fin se desarrollará la herramienta final con un programa de fuente abierta como es OpenLCA e inventarios creados a partir de bibliografía pública. Además, sólo se considerarán las fuentes de impacto más relevantes.

### 2.1. Lista de sustancias activas

El primer objetivo parcial será obtener la lista de sustancias activas sobre las que se realizará el posterior ACV y determinación del impacto.

El alcance de esta lista será considerar las sustancias que a fecha de la realización del trabajo están legalizadas en España y se contemplan dentro de los programas y métodos empleados para desarrollar el objetivo global.

### 2.2. Análisis de ciclo de vida

El segundo objetivo parcial será desarrollar un ACV de las diferentes sustancias activas tomando inventarios de la base de datos Ecoinvent.

El alcance de dicho ACV será tal que permita evaluar el impacto del ciclo de vida completo de las sustancias, así como de la maquinaria necesaria para realizar los tratamientos.

### 2.3. Construcción de la herramienta

El tercer objetivo parcial será construir la herramienta obteniendo inventarios abiertos para poder usarla comercialmente por la empresa Ec2ce.



# 3 METODOLOGÍA

---

## 3.1. Lista de sustancias activas

Para dar comienzo con la preparación de la herramienta es necesario conocer la lista de las sustancias activas que se emplean en la actualidad y están legalizadas para combatir la mosca del olivo. En este caso dicha lista ha sido facilitada por la empresa Ec2ce según el historial de aplicaciones que tienen registrados:

- Acetamiprid
- Alfacipermetrin
- Deltametrin
- Dimetoato
- Fosmet
- Imidacloprid
- Lambdacihalotrin
- Spinosad
- Triclorfon
- Betaciflutrin
- Zetacipermetrin
- Clorpirifos
- Carbaril

A partir de esta lista y para continuar se consulta en el Registro de Productos Fitosanitarios del Gobierno de España [4] para comprobar que las sustancias siguen estando legalizadas y se pueden aplicar.

## 3.2. Análisis de Ciclo de Vida

### 3.1.1 Definición de Análisis de Ciclo de Vida

El Análisis del Ciclo de Vida analiza de forma científica, objetiva, metódica y sistemática, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo, como herramienta de gestión medioambiental.

La norma UNE-EN ISO 14040:2006: Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia, define el Análisis del Ciclo de Vida como una técnica que trata los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto, mediante:

- La recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema del producto.
- La evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario.
- La interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

Según las normas UNE-EN-ISO 14040-44, la realización de un ACV consta de cuatro fases:

- 1) Definición del objetivo y alcance
- 2) Inventario del ciclo de vida
- 3) Evaluación del impacto del ciclo de vida
- 4) Interpretación de resultados



Figura 3-1. Estructura de un ACV según normas UNE-EN-ISO 14040-44

### 3.1.2 Desarrollo de un Análisis de Ciclo de Vida

#### 3.1.2.1 Definición del objetivo y alcance

El objetivo de un ACV debe definir qué razones han llevado a realizar el estudio, las personas a las cuales va destinada y el uso que tendrán los resultados obtenidos.

El alcance debe estar bien definido, para asegurar que el nivel de detalle es suficiente para alcanzar el objetivo definido. El alcance incluirá:

- Definición de los sistemas a estudiar
- Función del sistema de estudio
- Unidad funcional
- Límites del sistema
- Descripción de los sistemas
- Categorías de impacto seleccionadas y metodología de evaluación de impacto
- Requisitos de calidad de los datos
- Suposiciones
- Limitaciones

#### 3.1.2.2 Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV)

En esta fase se realizan los balances de materia y energía, cuantificándose las entradas y salidas del sistema



descrito en el apartado anterior a partir de los diagramas de flujos y las descripciones de las operaciones unitarias incluidas en los límites del sistema. Dichas entradas y salidas se referirán a la unidad funcional.

### **3.1.2.3 Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)**

Durante esta etapa, utilizando los resultados del análisis de inventario, se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales generados por las entradas y salidas del sistema del producto.

### **3.1.2.4 Interpretación de los resultados**

La interpretación de los resultados es la fase final del ACV, en la cual se resumen y discuten los resultados del ICV o de la EICV o de ambos como base para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definido.

## **3.3. Construcción de la herramienta**

Para desarrollar la herramienta será necesario construir inventarios libres con el fin de poder usarlos con uso comercial. Para seleccionar los inventarios que habrá que desarrollar se tendrá en cuenta los resultados obtenidos en el ACV.

Para desarrollar el inventario se deberá construir en base a documentos públicos y de libre acceso. Posteriormente para evaluar el impacto del inventario liberado se empleará el programa OpenLCA en sustitución a Simapro y de nuevo el método EF 3.0 de la Comisión Europea ya que está publicado y se puede emplear para uso comercial.

Debido a que el impacto es lineal con la cantidad de producto, se han creado inventarios individuales de forma que se pueda evaluar el impacto de cada uno e incorporarlo a la base de datos de la herramienta en Excel para que considerando los parámetros de aplicación que se le introduzcan arroje el impacto.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**E**n el siguiente capítulo se mostrarán los resultados de los objetivos del trabajo realizado para cada una de las sustancias.

### 4.1. Lista de sustancias activas

De la lista inicial de sustancias activas facilitada por Ec2ce descartamos las que no aparecen en el Registro de Fitosanitarios del Gobierno de España de forma que la lista nos queda con las siguientes sustancias que sí son legales a fecha de la realización del proyecto. Además, en este proyecto en concreto debido a que el Spinosad no se encuentra contemplado en ninguna de las herramientas empleadas, tanto Simapro como OpenLCA, lo descartaremos igualmente por falta de medios para evaluarlo:

- Acetamiprid
- Alfacipermetrin
- Deltametrin
- Fosmet
- Lambdacihalotrin
- Zetacipermetrin

### 4.2. Análisis de Ciclo de Vida

#### 4.2.1. Definición del objetivo y alcance del ACV

El objetivo del ACV es poder evaluar el impacto que supone la aplicación de las diferentes sustancias activas empleadas para definir qué procesos se deben tener en cuenta a la hora de construir la herramienta.

El alcance cumplirá lo siguiente:

##### 4.1.1.1 Definición de los sistemas a estudiar

Los sistemas a estudiar considerarán las sustancias activas que se aplicarán, así como los instrumentos necesarios para llevar a cabo el tratamiento. Para todo ello se estudiarán desde su producción hasta su degradación.

##### 4.1.1.2 Función de los sistemas de estudio

La función de los sistemas de estudio es paliar la plaga de la mosca del olivar mediante las aplicaciones en el cultivo del olivar.

##### 4.1.1.3 Unidad funcional

La unidad funcional que se considerará será la hectárea. Representa una hectárea de terreno tratado.

#### 4.1.1.4 Descripción de los sistemas

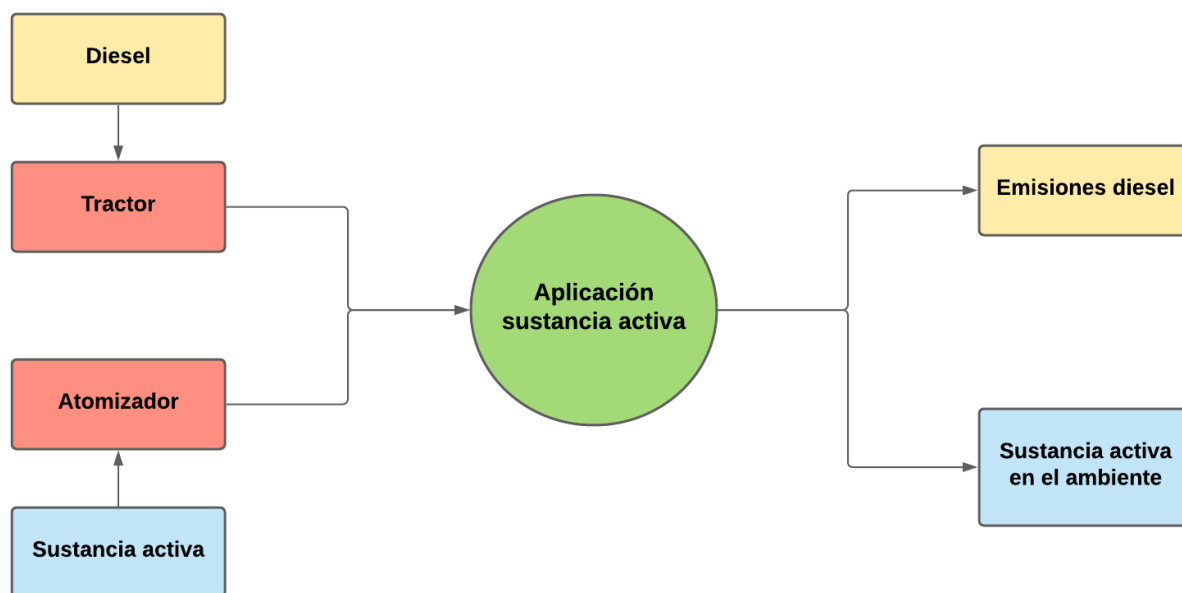


Figura 4-1. Sistema genérico de aplicación de una sustancia activa

#### 4.1.1.5 Categorías de impacto seleccionadas y metodología de evaluación de impacto

Se desea obtener el impacto midpoint fruto de las aplicaciones. Para ello se empleará como método para calcular el impacto el Environmental Footprint 3.0 method de la Comisión Europea [6] a través del programa Simapro.

Las categorías de impacto contempladas serán las generales contempladas por el modelo. En el Anexo I se adjunta la tabla de todas las categorías que se considerarán, así como las unidades en las que se medirá el impacto para cada una de las categorías.

#### 4.1.1.6 Requisitos de calidad de los datos

Los datos que se emplearán como datos iniciales necesarios para el cálculo de los inventarios han sido facilitados en 2021 por Molino de Galván S.L., una empresa que gestiona más de 200 hectáreas de olivar intensivo y súperintensivo en la campiña sevillana, en Andalucía, España.

#### 4.1.1.7 Suposiciones

Para la realización del ACV se tomarán los siguientes datos y suposiciones:

Características del tractor:

- Potencia = 110 CV
- Peso = 3500 kg
- Consumo diesel = 9,5 l/h
- Velocidad tratamiento = 9 km/h

Características del atomizador:

- Capacidad = 3000 L

El tiempo de aplicación por hectárea es de 0,3 horas. Se considera constante ya que es independiente de la cantidad de caldo que se aplique y ello es debido a que la velocidad del tractor para los tratamientos es constante y lo que se varía es el caudal de las boquillas que posee el atomizador.

Para construir los inventarios de aplicación se deberá tener en cuenta además de los inventarios generales mencionados anteriormente el específico de creación de cada sustancia activa que conseguiremos también considerando la ruta que siguen los pesticidas en el ambiente.

Ninguno de los pesticidas estudiados posee una gran presión de vapor (ver Anexo II), por lo que según el criterio del documento Environmental fate and exposure [7] podemos considerar que tras la aplicación la sustancia que se encuentre en el aire precipitará rápidamente.

Se entiende que 1 kg de diesel equivalen a 45 MJ. Esta relación viene dada por los inventarios de Ecoinvent.

El total de sustancia activa acaba en el ambiente ya que se considera mínima la proporción que absorbe la planta.

#### 4.1.1.8 Limitaciones

Como limitación geográfica y temporal encontramos que se están considerando los productos legalizados a fecha de la realización del ACV en España. En otros países y fechas diferentes puede variar las sustancias activas que se deberían considerar.

#### 4.2.2. Análisis de inventario de ciclo de vida

Para crear los distintos inventarios de las diferentes sustancias activas tomaremos de Ecoinvent los siguientes procesos que serán comunes sea cual sea la sustancia activa. Para dichos inventarios habrá que calcular según los datos iniciales que consideramos la cantidad de uso de los inventarios siguiendo las instrucciones que se detallan en los mismos. Los cálculos necesarios realizados y comentados se encuentran en el Anexo III. Para comprender estos inventarios comunes serán los siguientes:

- Agricultural machinery, unspecified {RoW}: Representa el inventario de fabricar el atomizador e influirá en el impacto ya que se tiene en cuenta una vida útil que se va gastando en la aplicación de fitosanitarios.
- Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}: Representa el inventario de fabricar el tractor que emplearemos a la hora de aplicar el producto fitosanitario y lo consideramos ya que se tiene en cuenta una vida útil que se va gastando en la labor de tratar.
- Diesel {Europe without Switzerland}: Representa el inventario de fabricar el diesel que emplearemos.
- Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}: Considera las emisiones del tractor al consumir el diesel. Este inventario está ligeramente modificado para que no tenga en cuenta el inventario de fabricar la maquinaria necesaria para consumirlo ya que lo hemos tenido en cuenta con los inventarios anteriores.

Para construir los inventarios de aplicación se deberá tener en cuenta además de los inventarios generales mencionados anteriormente los específicos de cada sustancia activa.

Para considerar la producción de la sustancia se tomará el inventario correspondiente en función de la familia a la que pertenezca cada una de las sustancias activas. Se categorizarán las sustancias en función del documento Life cycle inventories of pesticides [5] siguiendo las categorías que aparecen en las tablas anexadas en el documento. Las sustancias activas categorizadas se muestran en el Anexo IV.

Para conocer la cantidad de sustancia que acaba en el suelo y en el agua respectivamente emplearemos la

constante  $K_d$  que está definida en el libro *Physico Chemical Properties and Environmental Fate of Pesticides* [8] como:

$$K_d = \frac{\text{Concentración de la sustancia química en el suelo}}{\text{Concentración de la sustancia química en el agua}}$$

Podemos pues determinar en base a esta constante los porcentajes de sustancia que acaba en el suelo y en el agua. Para consultar esta distribución ver el Anexo V.

#### 4.2.2.1. Acetamiprid

Para la sustancia activa acetamiprid se ha tomado como referencia el producto comercial EPIK con número de registro 23377 [4], que posee una composición ACETAMIPRID 20% [SP] P/P.

La dosis recomendada por el fabricante es de 0,3 kg de producto diluido en 450 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará es de 0,06 kg de acetamiprid por hectárea.

El inventario de aplicar acetamiprid es el siguiente:

Tabla 4-1. Inventario aplicación acetamiprid

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación acetamiprid	1	ha
<b>Entradas</b>		
Acetamide-anillide-compound, unspecified {RoW}  production	0,06	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,1948	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	2,4225	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,0862	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	109,0125	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Acetamiprid	0,048	kg
<b>Emisiones al agua</b>		
Acetamiprid	0,012	kg

#### 4.2.2.2. Alfacipermetrin

Para la sustancia activa alfacipermetrin se ha tomado como referencia el producto comercial FASTAC FLY con número de registro 25701 [9], que posee una composición ALFACIPERMETRINA 10% P/V.

La dosis recomendada por el fabricante es de 0,6 L de producto diluido en 180 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará es de 0,06 kg de alfacipermetrin por hectárea.

El inventario de aplicar alfacipermetrin es el siguiente:

Tabla 4-2. Inventario aplicación alfacipermetrin

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación alfacipermetrin	1	ha
<b>Entradas</b>		
Pyrethroid-compound, unspecified {RoW}  production	0,06	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,1948	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	2,4225	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,0862	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	109,0125	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Alfacipermetrin	0,06	kg

### 4.2.2.3. Deltametrin

Para la sustancia activa deltametrin se ha tomado como referencia el producto comercial AUDACE con número de registro 23188 [4], que posee una composición DELTAMETRIN 2,5% [EC] P/V.

La dosis recomendada por el fabricante es de dos aplicaciones de 0,5 L de producto diluido en 1000 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará en total tras ambas aplicaciones es de 0,025 kg de deltametrin por hectárea.

El inventario de aplicar deltametrin es el siguiente:

Tabla 4-3. Inventario aplicación deltametrin

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación deltametrin	1	ha
<b>Entradas</b>		
Pyrethroid-compound, unspecified {RoW}  production	0,025	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,3896	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	4,845	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,1724	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	218,025	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Deltametrin	0,025	kg

#### 4.2.2.4. Lambdacihalotrin

Para la sustancia activa Acetamiprid se ha tomado como referencia el producto comercial KARATE 1.5 CS con número de registro 25563 [4], que posee una composición LAMBDA CIHALOTRIN 1,5% [CS] P/V.

La dosis recomendada por el fabricante es de 4,9 L de producto diluido en 700 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará es de 0,0735 kg de lambdacihalotrin por hectárea.

El inventario de aplicar lambdacihalotrin es el siguiente:

Tabla 4-4. Inventario aplicación lambdacihalotrin

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación lambdacihalotrin	1	ha
<b>Entradas</b>		
Pyrethroid-compound, unspecified {RoW}  production	0,0735	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,1948	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	2,4225	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,0862	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	109,0125	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Lambdacihalotrin	0,0735	kg



#### 4.2.2.5. Fosmet

Para la sustancia activa fosmet se ha tomado como referencia el producto comercial ASPID 50 WP con número de registro 12352 [4], que posee una composición FOSMET 50% [WP] P/P.

La dosis recomendada por el fabricante es de 1,5 kg de producto diluido en 1000 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará es de 0,75 kg de fosmet por hectárea.

El inventario de aplicar fosmet es el siguiente:

Tabla 4-5. Inventario aplicación fosmet

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación fosmet	1	ha
<b>Entradas</b>		
Organophosphorus-compound, unspecified {RoW}  production	0,75	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,1948	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	2,4225	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,0862	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	109,0125	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Fosmet	0,6525	kg
<b>Emisiones al agua</b>		
Fosmet	0,0975	kg

#### 4.2.2.6. Zetacipermetrin

Para la sustancia activa zetacipermetrin se ha tomado como referencia el producto comercial FURY 100EW con número de registro 22660 [4], que posee una composición ZETACIPERMETRIN 10% [EW] P/V.

La dosis recomendada por el fabricante es de 0,1 L de producto diluido en 1000 L de caldo por hectárea, por lo que la cantidad de sustancia activa que se aplicará es de 0,01 kg de zetacipermetrin por hectárea.

El inventario de aplicar zetacipermetrin es el siguiente:

Tabla 4-6. Inventario aplicación zetacipermetrin

<b>Salidas</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Aplicación zetacipermetrin	1	ha
<b>Entradas</b>		
Pyrethroid-compound, unspecified {RoW}  production	0,01	kg
Agricultural machinery, unspecified {RoW}  production	0,1948	kg
Diesel {Europe without Switzerland}  market	2,4225	kg
Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW}  production	0,0862	kg
Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}	109,0125	MJ
<b>Emisiones al suelo</b>		
Zetacipermetrin	0,092	kg
<b>Emisiones al agua</b>		
Zetacipermetrin	0,008	kg

### 4.2.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida

Creados los procesos de aplicación procedemos a evaluar impacto midpoint a través de Simapro. Se emplea el método EF 3.0 (adapted) y se calcula el impacto para una hectárea.

#### 4.2.3.1. Acetamiprid

Tabla 4-7. Impacto aplicación acetamiprid

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>	Acetamiprid emissions	Acetamide anillide compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	1,16E+01		8,31E-01	1,14E+00	1,18E+00	7,35E-01	7,68E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	6,81E-06		4,72E-06	5,08E-08	1,98E-06	5,94E-08	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	7,26E-01		4,95E-02	6,45E-02	5,55E-01	5,78E-02	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,26E-01		7,84E-03	5,59E-03	8,08E-03	4,11E-03	1,01E-01
Particulate matter	disease inc.	4,27E-07		1,66E-07	8,02E-08	7,33E-08	4,90E-08	5,92E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	7,81E-07	2,42E-08	3,93E-07	4,37E-08	1,55E-08	3,91E-08	2,66E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	6,04E-09		1,10E-09	2,90E-09	4,49E-10	1,24E-09	3,48E-10
Acidification	mol H+ eq	1,25E-01		2,71E-02	5,62E-03	1,44E-02	4,65E-03	7,32E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,24E-03		2,52E-04	4,91E-04	1,06E-04	3,91E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	4,29E-02		2,71E-03	9,65E-04	1,78E-03	6,46E-04	3,67E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,65E-01		2,60E-02	9,59E-03	1,96E-02	6,66E-03	4,03E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	5,36E+03	5,04E+03	1,92E+02	3,39E+01	6,38E+01	3,02E+01	1,11E+00
Land use	Pt	8,72E+01		9,30E+00	2,24E+01	1,90E+01	3,66E+01	
Water use	m3 depriv.	8,80E-01		5,23E-01	1,84E-01	1,50E-02	1,58E-01	
Resource use, fossils	MJ	1,54E+02		1,22E+01	1,09E+01	1,22E+02	9,30E+00	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,23E-04		3,26E-05	5,02E-05	6,81E-06	2,33E-04	

## 4.2.3.2. Alfacipermetrin

Tabla 4-8. Impacto aplicación alfacipermetrin

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>	Alfacipermetrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	1,18E+01		1,02E+00	1,14E+00	1,18E+00	7,35E-01	7,68E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,21E-06		1,21E-07	5,08E-08	1,98E-06	5,94E-08	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	7,22E-01		4,50E-02	6,45E-02	5,55E-01	5,78E-02	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,21E-01		2,98E-03	5,59E-03	8,08E-03	4,11E-03	1,01E-01
Particulate matter	disease inc.	3,20E-07		5,82E-08	8,02E-08	7,33E-08	4,90E-08	5,92E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,80E-07	2,01E-09	1,37E-08	4,37E-08	1,55E-08	3,91E-08	2,66E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	8,04E-09		3,09E-09	2,90E-09	4,49E-10	1,24E-09	3,48E-10
Acidification	mol H+ eq	1,03E-01		5,43E-03	5,62E-03	1,44E-02	4,65E-03	7,32E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,28E-03		2,89E-04	4,91E-04	1,06E-04	3,91E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	4,12E-02		1,01E-03	9,65E-04	1,78E-03	6,46E-04	3,67E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,49E-01		9,75E-03	9,59E-03	1,96E-02	6,66E-03	4,03E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,12E+03	9,50E+02	4,06E+01	3,39E+01	6,38E+01	3,02E+01	1,11E+00
Land use	Pt	8,72E+01		9,36E+00	2,24E+01	1,90E+01	3,66E+01	
Water use	m3 depriv.	-3,04E-01		-6,62E-01	1,84E-01	1,50E-02	1,58E-01	
Resource use, fossils	MJ	1,57E+02		1,50E+01	1,09E+01	1,22E+02	9,30E+00	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,07E-04		1,68E-05	5,02E-05	6,81E-06	2,33E-04	

## 4.2.3.3. Deltametrin

Tabla 4-9. Impacto aplicación deltametrin

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>	Deltametrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	2,19E+01		4,26E-01	2,28E+00	2,36E+00	1,47E+00	1,54E+01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	4,23E-06		5,04E-08	1,02E-07	3,96E-06	1,19E-07	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,37E+00		1,87E-02	1,29E-01	1,11E+00	1,16E-01	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2,38E-01		1,24E-03	1,12E-02	1,62E-02	8,22E-03	2,01E-01
Particulate matter	disease inc.	5,48E-07		2,43E-08	1,60E-07	1,47E-07	9,80E-08	1,18E-07
Human toxicity, non-cancer	CTUh	7,37E-07	2,37E-09	5,69E-09	8,73E-08	3,10E-08	7,81E-08	5,32E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	1,12E-08		1,29E-09	5,80E-09	8,99E-10	2,49E-09	6,95E-10
Acidification	mol H+ eq	1,98E-01		2,26E-03	1,12E-02	2,87E-02	9,30E-03	1,46E-01
Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,10E-03		1,20E-04	9,83E-04	2,13E-04	7,83E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	8,07E-02		4,22E-04	1,93E-03	3,57E-03	1,29E-03	7,35E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	8,82E-01		4,06E-03	1,92E-02	3,91E-02	1,33E-02	8,06E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	6,44E+03	6,17E+03	1,69E+01	6,78E+01	1,28E+02	6,04E+01	2,22E+00
Land use	Pt	1,60E+02		3,90E+00	4,47E+01	3,79E+01	7,31E+01	
Water use	m3 depriv.	4,39E-01		-2,76E-01	3,69E-01	3,00E-02	3,16E-01	
Resource use, fossils	MJ	2,91E+02		6,26E+00	2,18E+01	2,44E+02	1,86E+01	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	5,87E-04		7,00E-06	1,00E-04	1,36E-05	4,66E-04	

## 4.2.3.4. Lambdacihalotrin

Tabla 4-10. Impacto aplicación lambdacihalotrin

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lambdacihalotrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	1,20E+01		1,25E+00	1,14E+00	1,18E+00	7,35E-01	7,68E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,24E-06		1,48E-07	5,09E-08	1,98E-06	5,94E-08	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	7,32E-01		5,51E-02	6,46E-02	5,55E-01	5,79E-02	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,22E-01		3,65E-03	5,58E-03	8,08E-03	4,11E-03	1,01E-01
Particulate matter	disease inc.	3,33E-07		7,13E-08	8,01E-08	7,33E-08	4,90E-08	5,92E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,90E-07	8,76E-09	1,67E-08	4,36E-08	1,55E-08	3,90E-08	2,66E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	8,73E-09		3,79E-09	2,90E-09	4,49E-10	1,24E-09	3,48E-10
Acidification	mol H+ eq	1,05E-01		6,65E-03	5,61E-03	1,44E-02	4,65E-03	7,32E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,34E-03		3,53E-04	4,91E-04	1,06E-04	3,91E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	4,14E-02		1,24E-03	9,65E-04	1,78E-03	6,46E-04	3,67E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,51E-01		1,19E-02	9,59E-03	1,96E-02	6,66E-03	4,03E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,86E+04	1,84E+04	4,97E+01	3,39E+01	6,38E+01	3,02E+01	1,11E+00
Land use	Pt	8,93E+01		1,15E+01	2,24E+01	1,90E+01	3,66E+01	
Water use	m3 depriv.	-4,53E-01		-8,11E-01	1,84E-01	1,50E-02	1,58E-01	
Resource use, fossils	MJ	1,61E+02		1,84E+01	1,09E+01	1,22E+02	9,29E+00	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	3,11E-04		2,06E-05	5,02E-05	6,81E-06	2,33E-04	

## 4.2.3.5. Fosmet

Tabla 4-11. Impacto aplicación fosmet

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>	Fosmet emissions	Organophosphorus compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	1,72E+01		6,45E+00	1,14E+00	1,18E+00	7,35E-01	7,68E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	3,04E-06		9,50E-07	5,09E-08	1,98E-06	5,94E-08	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,28E+00		6,02E-01	6,46E-02	5,55E-01	5,79E-02	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,44E-01		2,58E-02	5,58E-03	8,08E-03	4,11E-03	1,01E-01
Particulate matter	disease inc.	8,68E-07		6,06E-07	8,01E-08	7,33E-08	4,90E-08	5,92E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,73E-06	3,07E-06	2,98E-07	4,36E-08	1,55E-08	3,90E-08	2,66E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	1,21E-08		7,20E-09	2,90E-09	4,49E-10	1,24E-09	3,48E-10
Acidification	mol H+ eq	1,85E-01		8,73E-02	5,61E-03	1,44E-02	4,65E-03	7,32E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,26E-02		1,16E-02	4,91E-04	1,06E-04	3,91E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	5,46E-02		1,45E-02	9,65E-04	1,78E-03	6,46E-04	3,67E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	5,17E-01		7,82E-02	9,59E-03	1,96E-02	6,66E-03	4,03E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,20E+05	4,19E+05	5,37E+02	3,39E+01	6,38E+01	3,02E+01	1,11E+00
Land use	Pt	1,63E+02		8,54E+01	2,24E+01	1,90E+01	3,66E+01	
Water use	m3 depriv.	4,97E+00		4,61E+00	1,84E-01	1,50E-02	1,58E-01	
Resource use, fossils	MJ	2,37E+02		9,50E+01	1,09E+01	1,22E+02	9,29E+00	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	4,96E-04		2,06E-04	5,02E-05	6,81E-06	2,33E-04	

## 4.2.3.6. Zetacipermetrin

Tabla 4-12. Impacto aplicación zetacipermetrin

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Total</b>	Zetacipermetrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	kg CO2 eq	1,09E+01		1,71E-01	1,14E+00	1,18E+00	7,35E-01	7,68E+00
Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,11E-06		2,02E-08	5,09E-08	1,98E-06	5,94E-08	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	6,85E-01		7,50E-03	6,46E-02	5,55E-01	5,79E-02	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,19E-01		4,96E-04	5,58E-03	8,08E-03	4,11E-03	1,01E-01
Particulate matter	disease inc.	2,71E-07		9,70E-09	8,01E-08	7,33E-08	4,90E-08	5,92E-08
Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,30E-07	6,29E-08	2,28E-09	4,36E-08	1,55E-08	3,90E-08	2,66E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	5,46E-09		5,16E-10	2,90E-09	4,49E-10	1,24E-09	3,48E-10
Acidification	mol H+ eq	9,88E-02		9,05E-04	5,61E-03	1,44E-02	4,65E-03	7,32E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,04E-03		4,81E-05	4,91E-04	1,06E-04	3,91E-04	
Eutrophication, marine	kg N eq	4,03E-02		1,69E-04	9,65E-04	1,78E-03	6,46E-04	3,67E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,40E-01		1,62E-03	9,59E-03	1,96E-02	6,66E-03	4,03E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	4,09E+05	4,09E+05	6,76E+00	3,39E+01	6,38E+01	3,02E+01	1,11E+00
Land use	Pt	7,94E+01		1,56E+00	2,24E+01	1,90E+01	3,66E+01	
Water use	m3 depriv.	2,47E-01		-1,10E-01	1,84E-01	1,50E-02	1,58E-01	
Resource use, fossils	MJ	1,45E+02		2,50E+00	1,09E+01	1,22E+02	9,29E+00	
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	2,93E-04		2,80E-06	5,02E-05	6,81E-06	2,33E-04	



## 4.2.4. Interpretación de los resultados

### 4.2.4.1. Acetamiprid

Tabla 4-13. Impacto porcentual acetamiprid

Categoría de impacto	Unidad	Total	Acetamiprid emissions	Acetamide anillide compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		7,18	9,88	10,21	6,36	66,37
Ozone depletion	%	100,00		69,32	0,75	29,06	0,87	
Ionising radiation	%	100,00		6,82	8,88	76,34	7,96	
Photochemical ozone formation	%	100,00		6,22	4,43	6,41	3,26	79,69
Particulate matter	%	100,00		38,77	18,76	17,16	11,47	13,84
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	3,10	50,25	5,59	1,98	5,00	34,08
Human toxicity, cancer	%	100,00		18,23	48,01	7,43	20,57	5,75
Acidification	%	100,00		21,71	4,50	11,48	3,72	58,59
Eutrophication, freshwater	%	100,00		20,30	39,58	8,58	31,54	
Eutrophication, marine	%	100,00		6,32	2,25	4,16	1,51	85,76
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		5,60	2,06	4,21	1,43	86,70
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	94,02	3,58	0,63	1,19	0,56	0,02
Land use	%	100,00		10,66	25,64	21,76	41,94	
Water use	%	100,00		59,38	20,95	1,71	17,96	
Resource use, fossils	%	100,00		7,89	7,07	79,01	6,02	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		10,10	15,56	2,11	72,22	

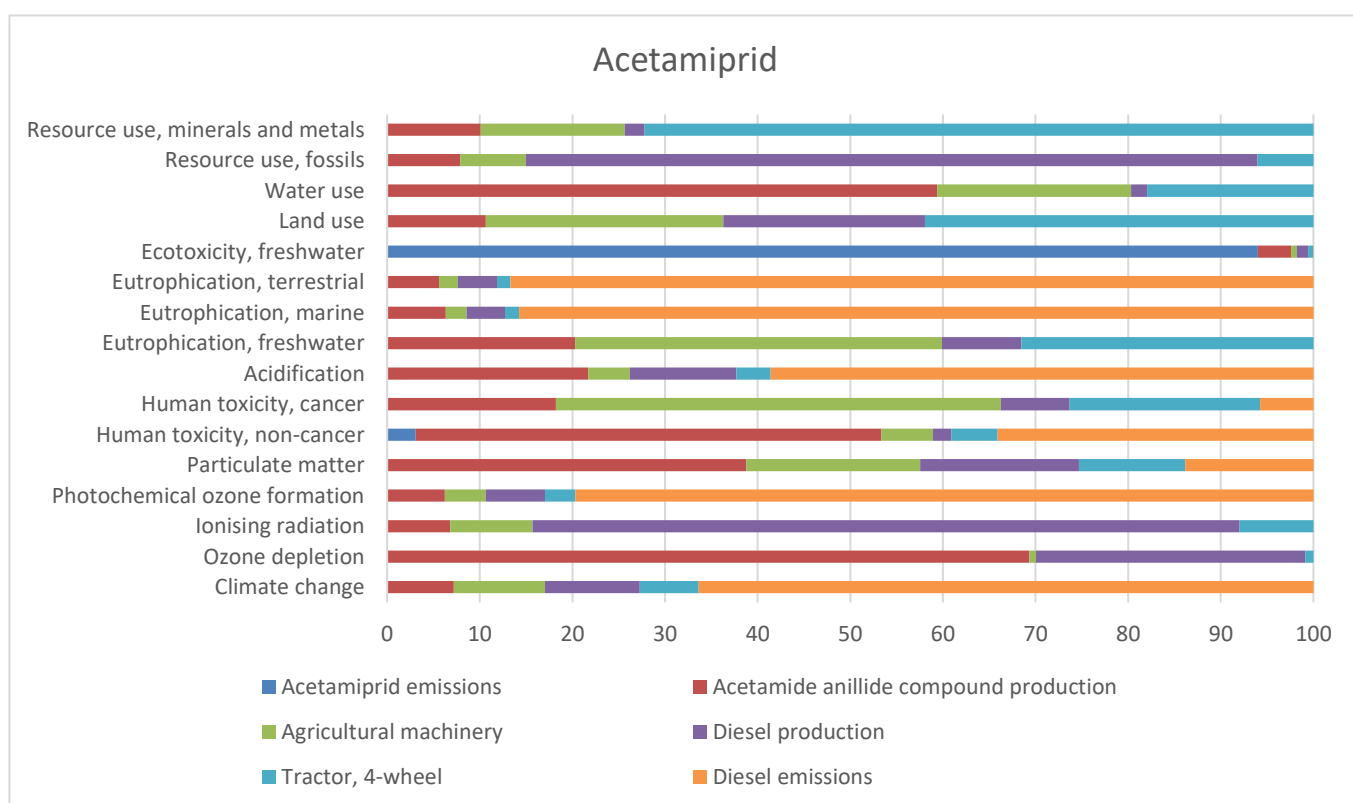


Figura 4-2. Gráfica aportación de las categorías de impacto acetamiprid

## 4.2.4.2. Alfacipermetrin

Tabla 4-14. Impacto porcentual alfacipermetrin

Categoría de impacto	Unidad	Total	Alfacipermetrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		8,70	9,72	10,05	6,25	65,29
Ozone depletion	%	100,00		5,48	2,30	89,54	2,69	
Ionising radiation	%	100,00		6,23	8,94	76,82	8,01	
Photochemical ozone formation	%	100,00		2,46	4,61	6,66	3,39	82,89
Particulate matter	%	100,00		18,20	25,07	22,92	15,32	18,49
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	0,53	3,59	11,49	4,08	10,28	70,04
Human toxicity, cancer	%	100,00		38,51	36,11	5,59	15,47	4,33
Acidification	%	100,00		5,26	5,44	13,90	4,50	70,90
Eutrophication, freshwater	%	100,00		22,58	38,45	8,33	30,63	
Eutrophication, marine	%	100,00		2,46	2,35	4,33	1,57	89,29
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		2,17	2,14	4,36	1,48	89,84
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	84,85	3,62	3,03	5,70	2,70	0,10
Land use	%	100,00		10,72	25,62	21,74	41,91	
Water use	%	100,00		-217,47	60,58	4,94	51,95	
Resource use, fossils	%	100,00		9,55	6,95	77,58	5,92	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		5,47	16,36	2,22	75,94	

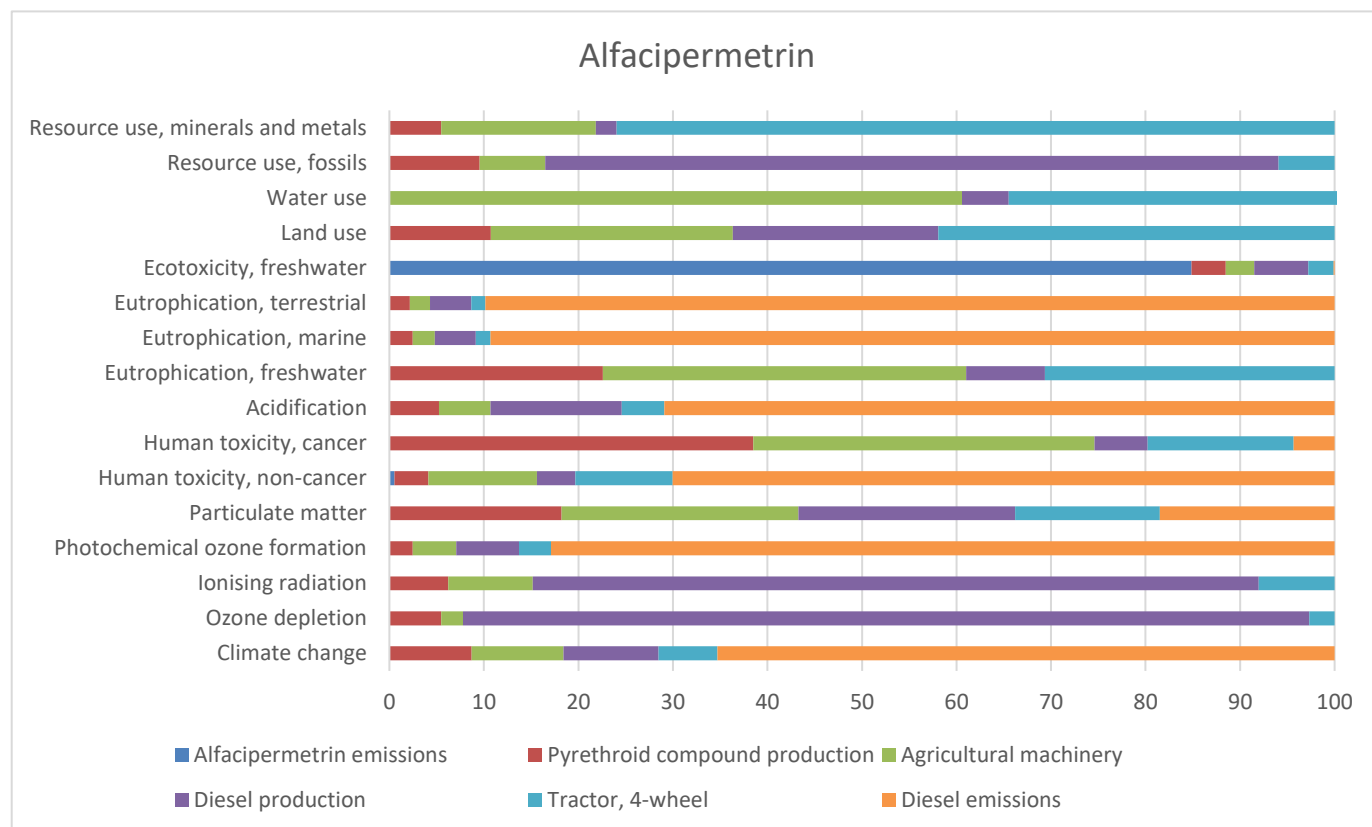


Figura 4-3. Gráfica aportación de las categorías de impacto alfacipermetrin

## 4.2.4.3. Deltametrin

Tabla 4-15. Impacto porcentual deltametrin

Categoría de impacto	Unidad	Total	Deltametrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		1,95	10,43	10,79	6,71	70,12
Ozone depletion	%	100,00		1,19	2,41	93,59	2,81	
Ionising radiation	%	100,00		1,37	9,40	80,81	8,43	
Photochemical ozone formation	%	100,00		0,52	4,70	6,79	3,46	84,53
Particulate matter	%	100,00		4,43	29,29	26,78	17,90	21,61
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	0,32	0,77	11,85	4,21	10,60	72,25
Human toxicity, cancer	%	100,00		11,54	51,94	8,04	22,25	6,22
Acidification	%	100,00		1,14	5,68	14,50	4,70	73,98
Eutrophication, freshwater	%	100,00		5,73	46,82	10,15	37,30	
Eutrophication, marine	%	100,00		0,52	2,39	4,42	1,60	91,06
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		0,46	2,18	4,44	1,51	91,41
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	95,73	0,26	1,05	1,98	0,94	0,03
Land use	%	100,00		2,44	28,00	23,76	45,80	
Water use	%	100,00		-62,78	83,95	6,84	71,99	
Resource use, fossils	%	100,00		2,15	7,51	83,93	6,40	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		1,19	17,10	2,32	79,38	

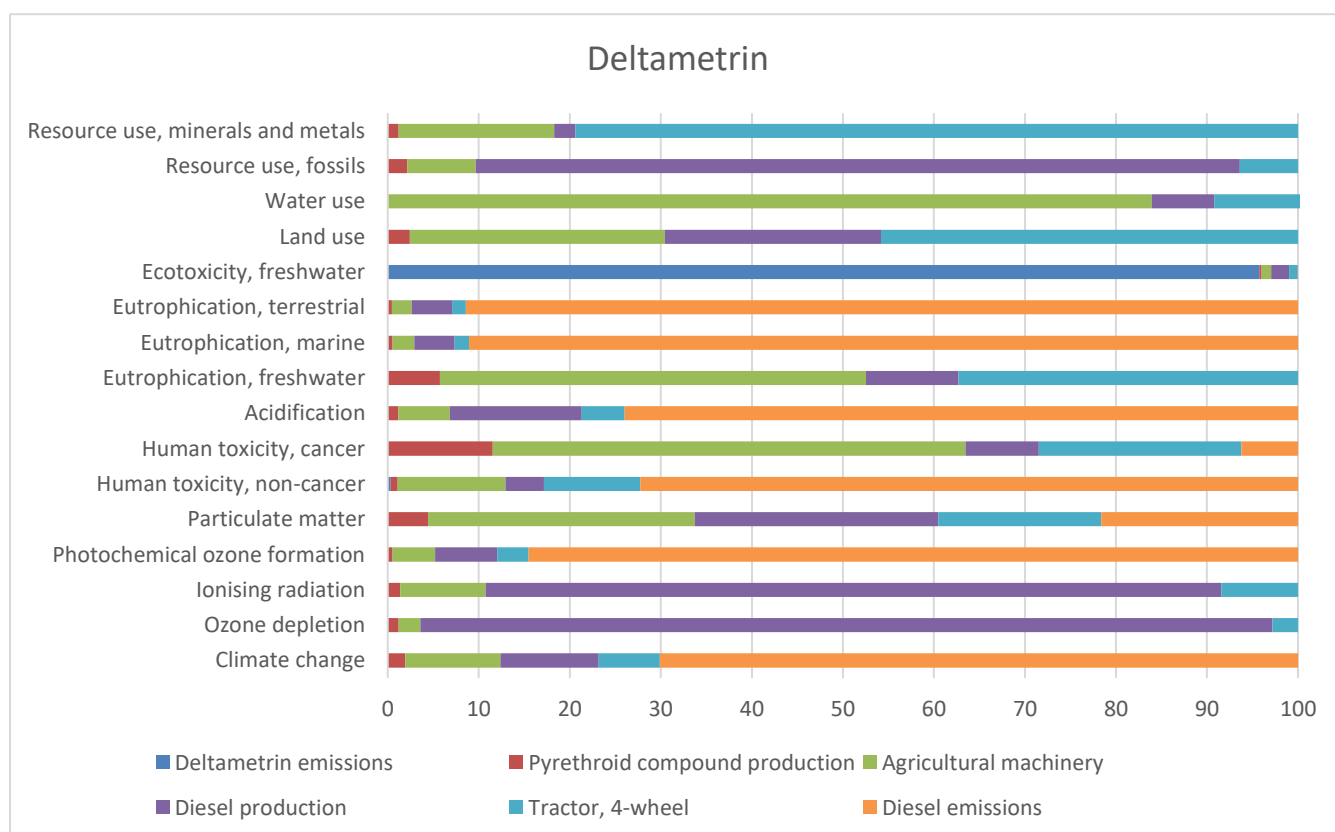


Figura 4-4. Gráfica aportación de las categorías de impacto deltametrin

4.2.4.4. Lambdacihalotrin

Tabla 4-16. Impacto porcentual lambdacihalotrin

Categoría de impacto	Unidad	Total	Lambdacihalotrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		10,45	9,52	9,85	6,13	64,04
Ozone depletion	%	100,00		6,63	2,27	88,44	2,66	
Ionising radiation	%	100,00		7,52	8,83	75,73	7,91	
Photochemical ozone formation	%	100,00		2,99	4,58	6,63	3,37	82,43
Particulate matter	%	100,00		21,42	24,07	22,03	14,71	17,77
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	2,25	4,29	11,19	3,97	10,01	68,29
Human toxicity, cancer	%	100,00		43,42	33,22	5,15	14,23	3,98
Acidification	%	100,00		6,37	5,37	13,74	4,45	70,08
Eutrophication, freshwater	%	100,00		26,34	36,58	7,94	29,15	
Eutrophication, marine	%	100,00		3,00	2,33	4,31	1,56	88,80
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		2,65	2,13	4,34	1,48	89,41
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	99,04	0,27	0,18	0,34	0,16	0,01
Land use	%	100,00		12,83	25,02	21,23	40,92	
Water use	%	100,00		-178,82	40,64	3,31	34,86	
Resource use, fossils	%	100,00		11,46	6,80	75,96	5,79	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		6,62	16,16	2,19	75,02	

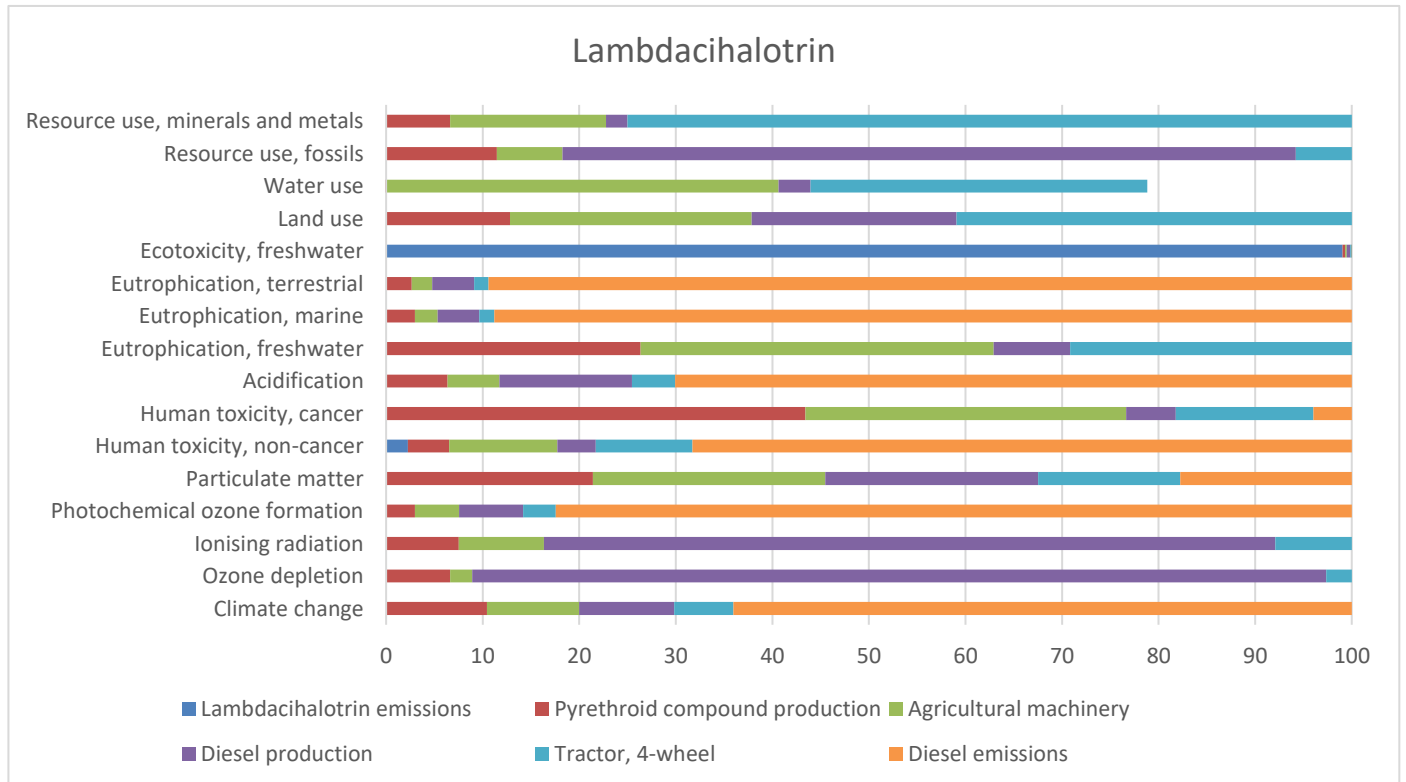


Figura 4-5. Gráfica aportación de las categorías de impacto lambdacihalotrin

## 4.2.4.5. Fosmet

Tabla 4-17. Impacto porcentual fosmet

Categoría de impacto	Unidad	Total	Fosmet emissions	Organophosphorus compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		37,52	6,64	6,88	4,28	44,69
Ozone depletion	%	100,00		31,25	1,67	65,12	1,95	
Ionising radiation	%	100,00		47,05	5,06	43,36	4,53	
Photochemical ozone formation	%	100,00		17,93	3,88	5,61	2,85	69,74
Particulate matter	%	100,00		69,86	9,23	8,45	5,64	6,82
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	82,23	8,00	1,17	0,42	1,05	7,14
Human toxicity, cancer	%	100,00		59,30	23,90	3,70	10,24	2,86
Acidification	%	100,00		47,14	3,03	7,75	2,51	39,56
Eutrophication, freshwater	%	100,00		92,16	3,89	0,84	3,10	
Eutrophication, marine	%	100,00		26,54	1,77	3,26	1,18	67,25
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		15,13	1,85	3,79	1,29	77,94
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	99,84	0,13	0,01	0,02	0,01	0,00
Land use	%	100,00		52,29	13,69	11,62	22,40	
Water use	%	100,00		92,81	3,71	0,30	3,18	
Resource use, fossils	%	100,00		40,07	4,60	51,41	3,92	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		41,55	10,12	1,37	46,96	

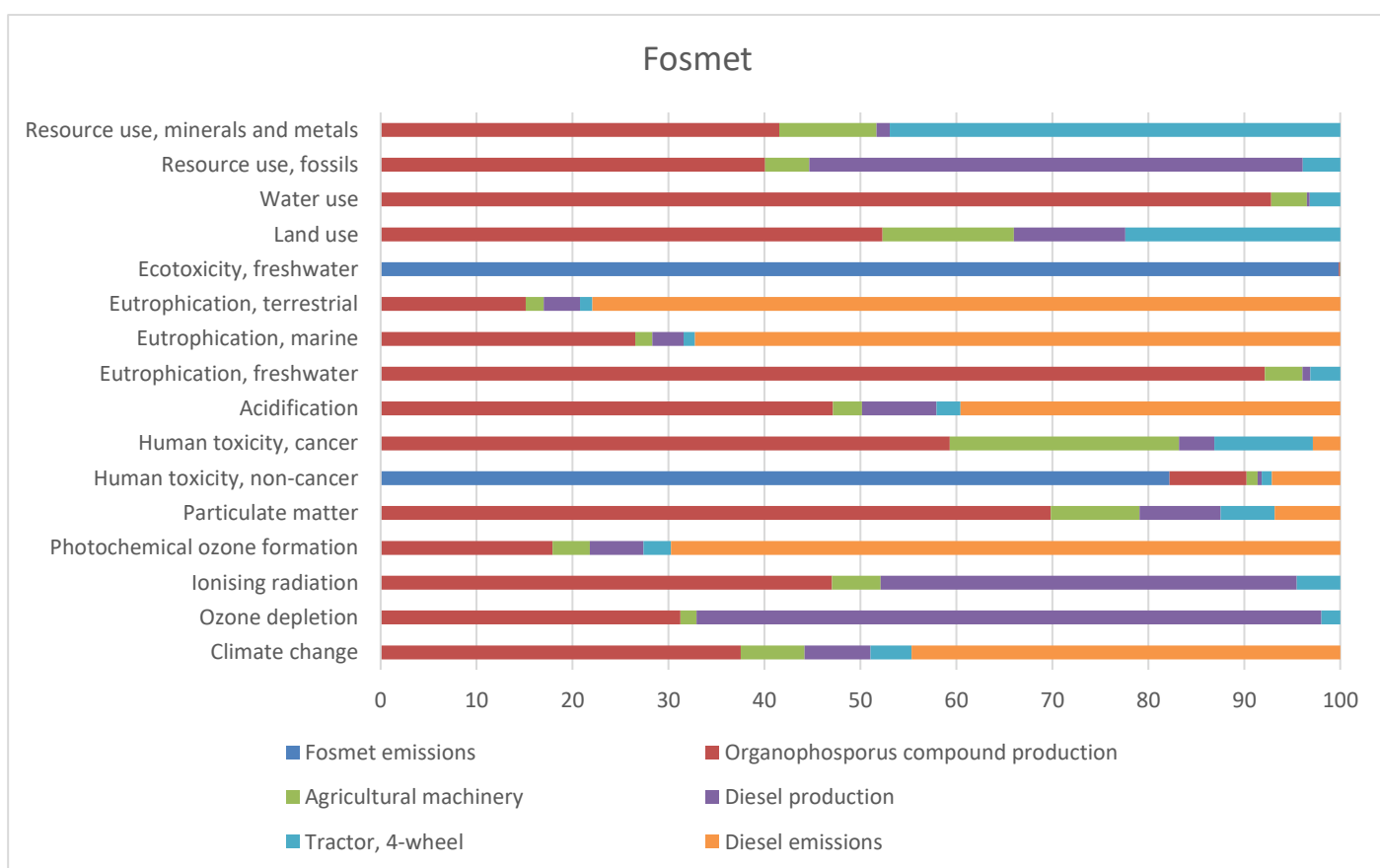


Figura 4-6. Gráfica aportación de las categorías de impacto fosmet

4.2.4.6. Zetacipermetrin

Tabla 4-18. Impacto porcentual zetacipermetrin

Categoría de impacto	Unidad	Total	Zetacipermetrin emissions	Pyrethroid compound production	Agricultural machinery	Diesel production	Tractor, 4-wheel	Diesel emissions
Climate change	%	100,00		1,56	10,47	10,83	6,74	70,40
Ozone depletion	%	100,00		0,96	2,41	93,81	2,82	
Ionising radiation	%	100,00		1,09	9,44	81,00	8,46	
Photochemical ozone formation	%	100,00		0,42	4,70	6,80	3,46	84,62
Particulate matter	%	100,00		3,58	29,54	27,03	18,05	21,81
Human toxicity, non-cancer	%	100,00	14,65	0,53	10,16	3,61	9,09	61,97
Human toxicity, cancer	%	100,00		9,45	53,17	8,23	22,78	6,37
Acidification	%	100,00		0,92	5,68	14,53	4,70	74,16
Eutrophication, freshwater	%	100,00		4,64	47,35	10,27	37,73	
Eutrophication, marine	%	100,00		0,42	2,39	4,43	1,60	91,16
Eutrophication, terrestrial	%	100,00		0,37	2,18	4,44	1,51	91,50
Ecotoxicity, freshwater	%	100,00	99,97	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00
Land use	%	100,00		1,96	28,14	23,88	46,02	
Water use	%	100,00		-44,65	74,59	6,08	63,98	
Resource use, fossils	%	100,00		1,73	7,54	84,30	6,43	
Resource use, minerals and metals	%	100,00		0,96	17,15	2,33	79,57	

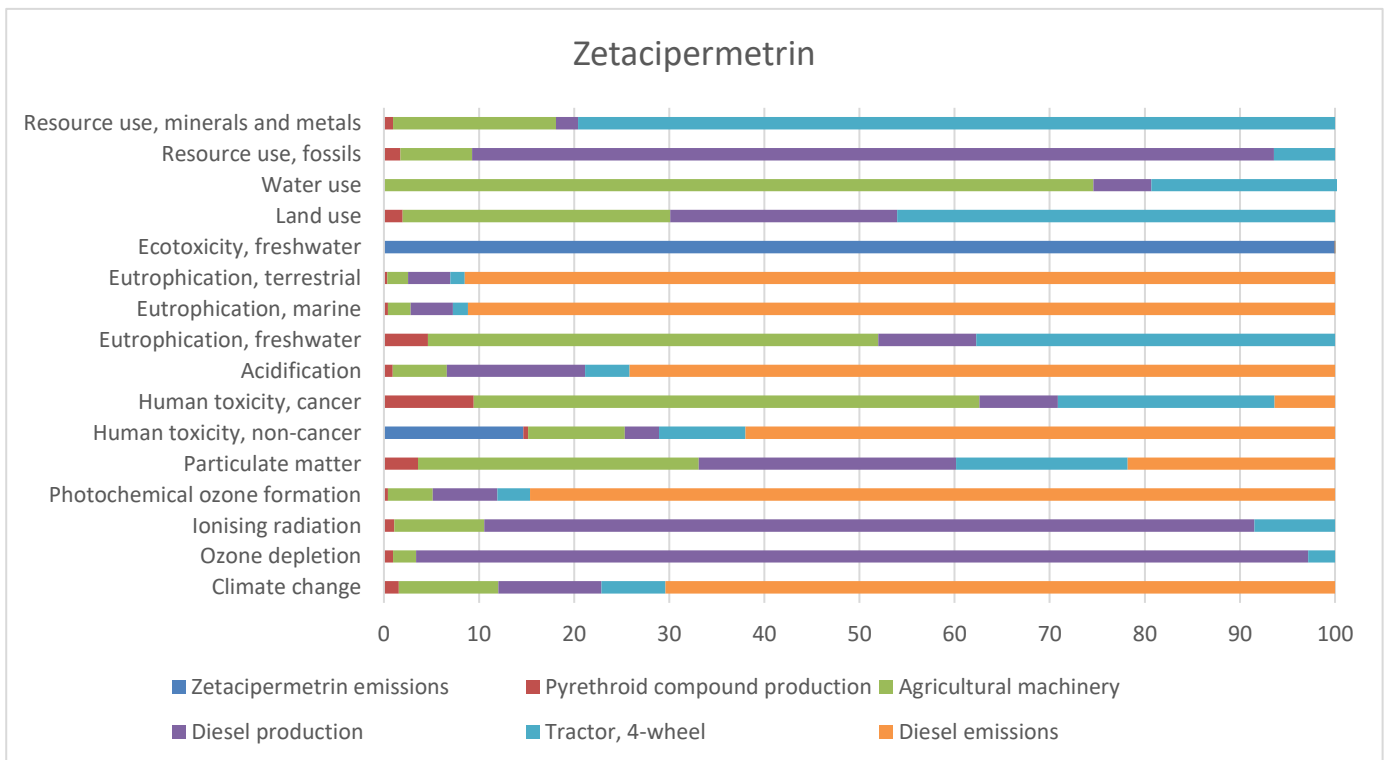


Figura 4-7. Gráfica aportación de las categorías de impacto zetacipermetrin

### 4.3. Construcción de la herramienta

#### 4.3.1. Elección de procesos a considerar

Para seleccionar los procesos relevantes que debemos considerar a la hora de construir la herramienta nos basaremos en los resultados del ACV realizado.

Debido a la alta incertidumbre que poseen los inventarios de Ecoinvent para representar el tractor y el atomizador sumado al bajo protagonismo que poseen en el objeto de estudio se descartarán para la creación de la herramienta.

La producción de las sustancias activas, exceptuando el fosmet y el acetamiprid, no poseen apenas relevancia en el impacto. Sería conveniente considerar por tanto la producción en estas dos sustancias activas, pero no se ha logrado encontrar una fuente abierta con capacidad de uso comercial que represente estos procesos por lo que no se considerarán.

Se considerarán por tanto las emisiones de las sustancias activas al ambiente y el uso del diesel.

#### 4.3.2. Inventarios

##### 4.3.2.1. Sustancias activas

Se considerará como inventario base para cada una de las sustancias activas la emisión de 1 kg que seguirá en el ambiente las rutas detalladas en el Anexo V.

##### 4.3.2.2. Diesel

El para calcular las emisiones producidas por un tractor se han obtenido del documento Expanded Emission Factors for Agricultural and Mining Equipment [10] tomando un tractor de 2020 con 100hp. El inventario de las emisiones es el siguiente:

Tabla 4-19. Inventario libre emisiones diesel

Componente	g/mmBtu	g/L	kg/L
CH4	2,2	7,481E-02	7,481E-05
CO	269	9,147E+00	9,147E-03
CO2	76885	2,614E+03	2,614E+00
Nox	291	9,895E+00	9,895E-03
PM10	35,3	1,200E+00	1,200E-03
PM2.5	34,2	1,163E+00	1,163E-03
SO2	0,44	1,496E-02	1,496E-05
VOC	36,9	1,255E+00	1,255E-03
N2O	2,02	6,869E-02	6,869E-05

La equivalencia de litros a mmBtu es de 1 L = 0,034003 mmBtu según el documento Liquid Fuel Measurements and Conversions [11] y tomando el criterio LHV por tratarse de combustión de diesel no estacionaria, además de ser el criterio más común su uso en las publicaciones que se realizan en Europa.

### 4.3.3. Interfaz

Se ha diseñado la siguiente interfaz en Excel donde los valores en rojo son los modificables y se muestra el impacto según el método EF 3.0 de la Comisión Europea [5].

Seleccione la sustancia activa:	Deltametrin
Indique la cantidad en kg/ha:	0,5
Indique diesel consumidos en L/ha:	8
<b>Impacto evaluado con EF 3.0 Method (adapted)</b>	

Categoría de impacto	Unidad	Cantidad
Climate change	kg CO2 eq	2,12E+01
Ozone depletion	kg CFC11 eq	
Ionising radiation	kBq U-235 eq	
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	8,25E-02
Particulate matter	disease inc.	2,88E-06
Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,27E-07
Human toxicity, cancer	CTUh	
Acidification	mol H+ eq	5,87E-02
Eutrophication, freshwater	kg P eq	
Eutrophication, marine	kg N eq	3,08E-02
Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,37E-01
Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,23E+05
Land use	Pt	
Water use	m3 depriv.	
Resource use, fossils	MJ	3,06E+02
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	

Figura 4-8. Interfaz herramienta final



## 5. CONCLUSIONES

---

**E**l estudio realizado de la aplicación de las diferentes sustancias activas para paliar la plaga de la mosca del olivar nos permite considerar los procesos que aportan un impacto considerable dentro del sistema. Conociendo todo ello se puede justificar la selección de los procesos que realmente son representativos en el impacto de aplicar una hectárea de fitosanitarios para paliar la mosca del olivar.

La herramienta desarrollada tiene numerosas aplicaciones dentro de las cuales una podría ser cuantificar la mejoría de las formas de aplicación que actualmente se están implementando gracias a la inteligencia artificial en comparación con las que tradicionalmente se han empleado.







## ANEXO I: Categorías de impacto contempladas en el método EF 3.0

Tabla 0-1. Categorías de impacto del EF 3.0 method

Categoría de impacto	Traducción	Unidad
Climate change	Cambio climático	kg CO2 eq
Ozone depletion	Perjuicio a la capa de ozono	kg CFC11 eq
Ionising radiation	Radiación ionizante	kBq U-235 eq
Photochemical ozone formation		kg NMVOC eq
Particulate matter		disease inc.
Human toxicity, non-cancer		CTUh
Human toxicity, cancer		CTUh
Acidification		mol H+ eq
Eutrophication, freshwater		kg P eq
Eutrophication, marine		kg N eq
Eutrophication, terrestrial		mol N eq
Ecotoxicity, freshwater		CTUe
Land use		Pt
Water use		m3 depriv.
Resource use, fossils		MJ
Resource use, minerals and metals		kg Sb eq

## ANEXO II: Presión de vapor de las sustancias activas

Tabla 0-2. Presión de vapor de las sustancias activas

Sustancia	Presión de vapor a 20 °C (mPa)	Fuente
Acetamidrid	1,73E-04	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/11.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/11.htm</a>
Alfacipermetrin	3,80E-04	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/24.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/24.htm</a>
Betaciflutrin	2,80E-05	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/74.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/74.htm</a>
Deltametrin	1,24E-05	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/205.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/205.htm</a>
Lambdacihalotrin	2,00E-04	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/415.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/415.htm</a>
Fosmet	0,065	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/521.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/521.htm</a>
Zetacipermetrin	2,53E-04	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/682.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/682.htm</a>

## ANEXO III: Cálculo de los inventarios generales

En este anexo se detallan los cálculos necesarios para construir los inventarios de las sustancias activas con los inventarios que serán comunes a todos los sistemas.

### Uso del atomizador

El desgaste del atomizador y por tanto el inventario que supone la fabricación del mismo en la aplicación del fitosanitario viene representado por el inventario de Ecoinvent Agricultural machinery, unspecified {RoW}.

En la descripción del inventario podemos encontrar que los cálculos están realizados para una máquina de 1000 kg, 1000 horas de vida útil y un factor de reparación de 0,54. La unidad funcional para este inventario es el kg.

Para calcular los kg que supone una aplicar una ha aplicaremos:

$$\frac{1000 \text{ kg de peso}}{1000 \text{ horas de vida útil} * (1 + 0,54)} = 0,6494 \frac{\text{kg}}{\text{horas de uso/ha}}$$

Al considerar que tratar una hectárea supone 0,3 horas podemos afirmar que el uso del atomizador por hectárea es de 0,1948 kg.

### Uso del tractor

Al igual que ocurre con el atomizador, debemos considerar el desgaste que sufre el tractor y por tanto el inventario que supone la fabricación. Tomamos el inventario Tractor, 4-wheel, agricultural {RoW} de la base de datos de Ecoinvent.

En la descripción del inventario podemos encontrar que los cálculos están realizados para un tractor que consideraremos de 3500 kg, 7000 horas de vida útil y un factor de reparación de 0,74. La unidad funcional para este inventario es el kg.

Para calcular los kg que supone una aplicar una ha aplicaremos:

$$\frac{3500 \text{ kg de peso}}{7000 \text{ horas de vida útil} * (1 + 0,74)} = 0,2873 \frac{\text{kg}}{\text{horas de uso/ha}}$$

Al considerar que tratar una hectárea supone 0,3 horas podemos afirmar que el uso del tractor por hectárea es de 0,0862 kg.

### Diesel

En este punto consideraremos el inventario de fabricación del diesel que se empleará en las aplicaciones Diesel {Europe without Switzerland} y el inventario de las emisiones que se dan al consumir el diesel en maquinaria agrícola Emissions-Diesel, burned in agricultural machinery {GLO}.

Se considera una densidad del diesel de 850 kg/m<sup>3</sup> [6].

En el inventario que consideramos la fabricación del diesel aplicamos el siguiente cálculo para determinar los kg consumidos por ha:

$$9,5 \frac{L \text{ diesel}}{\text{horas de uso/ha}} * 0,85 \frac{kg \text{ de diesel}}{L \text{ de diesel}} = 8,075 \frac{kg \text{ de diesel}}{\text{horas de uso/ha}}$$

Al considerar que tratar una hectárea supone 0,3 horas podemos afirmar que el gasto de diesel por hectárea es de 2,4225 kg.

Para el inventario donde consideramos las emisiones de la combustión del diesel debemos conocer que según la descripción del propio inventario de Ecoinvent 1 kg de diesel equivalen a 45 MJ. En este inventario la unidad funcional es el MJ.

## ANEXO IV: Categorización de las sustancias activas

Tabla 0-3. Sustancias activas categorizadas

Sustancia activa	Categoría
Acetamiprid	Acetamida-anilida
Alfacipermetrin	Piretroide
Deltametrin	Piretroide
Fosmet	Organofosforado
Betaciflutrin	Piretroide
Zetacipermetrin	Piretroide

## ANEXO V: Ruta de las sustancias activas en el ambiente

Tabla 0-4. Ruta de las sustancias activas en el ambiente

Sustancia activa	Kd	% Suelo	% Agua
Acetamiprid	4,1	80%	20%
Alfacipermetrin	3308	100%	0%
Betaciflutrin	1216	100%	0%
Deltametrin	3000	100%	0%
Lambdacihalotrin	3709	100%	0%
Fosmet	6,78	87%	13%
Zetacipermetrin	11,875	92%	8%

Tabla 0-5. Referencias web de la constante Kd

Sustancia activa	Fuente Kd
Acetamiprid	<a href="https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-099050_15-Mar-02.pdf">https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-099050_15-Mar-02.pdf</a>
Alfacipermetrin	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/24.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/24.htm</a>
Betaciflutrin	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/74.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/74.htm</a>
Deltametrin	<a href="https://www.co.thurston.wa.us/Health/ehipm/pdf_insect/insecticide%20actives/deltamethrin.pdf">https://www.co.thurston.wa.us/Health/ehipm/pdf_insect/insecticide%20actives/deltamethrin.pdf</a>
Lambdacihalotrin	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/415.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/415.htm</a>
Fosmet	<a href="http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/521.htm">http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/521.htm</a>
Zetacipermetrin	<a href="https://www.co.thurston.wa.us/health/ehipm/pdf_insect/insecticide%20actives/cypermethrin.pdf">https://www.co.thurston.wa.us/health/ehipm/pdf_insect/insecticide%20actives/cypermethrin.pdf</a>





# REFERENCIAS

---

- [1] «Oliaesa,» [En línea]. Available: <https://oliaesa.com/blog/historia-del-origen-del-olivo.html>.
- [2] «qcom,» [En línea]. Available: [http://www.qcom.es/alimentacion/reportajes/espana--primer-productor-nbspmundial-de-aceite-de-oliva\\_183\\_2\\_253\\_0\\_1\\_in.html](http://www.qcom.es/alimentacion/reportajes/espana--primer-productor-nbspmundial-de-aceite-de-oliva_183_2_253_0_1_in.html).
- [3] «Balam Agriculture,» [En línea]. Available: <https://balam.es/plagas-y-enfermedades-en-las-plantaciones-de-olivar/>.
- [4] P. y. A. G. d. E. Ministerio de Agricultura, «Registro de Productos Fitosanitarios,» [En línea]. Available: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>.
- [5] Comisión Europea, «The Environmental Footprint Pilots,» [En línea]. Available: [https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef\\_pilots.htm](https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/ef_pilots.htm).
- [6] J. Bonmatin, «Environmental fate and exposure,» 2014.
- [7] J. Sutter, Life cycle inventories of pesticides, St. Gallen: ETH S + U, Zurich, 2010.
- [8] C. D. Linde, Physico Chemical Properties and Environmental Fate of Pesticides, Sacramento: Student Intern, 1994.
- [9] BASF Española S.L., «BASF,» [En línea]. Available: [https://www.agro.basf.es/Documents/es\\_files/productfiles\\_files/3\\_folletos\\_files/fastacfly\\_folleto.pdf](https://www.agro.basf.es/Documents/es_files/productfiles_files/3_folletos_files/fastacfly_folleto.pdf).
- [10] H. C. J. C. K. a. J. D. Qianfeng Li, «Expanded Emission Factors for Agricultural and Mining Equipment,» Argonne National Laboratory, Argonne, 2016.
- [11] Iowa State University, «Liquid Fuel Measurements and Conversions,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/pdf/c6-87.pdf>.
- [12] M. R. Khan, Ed., Advances in Clean Hydrocarbon Fuel Processing, Woodhead Publishing, 2011.







