

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

Grado en Ciencias Ambientales

Facultad de Ciencias Experimentales

COMPARACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA LA SALUD HUMANA DE FITOSANITARIOS EMPLEADOS EN AGRICULTURA CONVENCIONAL CON LA SEGURIDAD PARA LA SALUD HUMANA DE FITOSANITARIOS EMPLEADOS EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

Trabajo de Fin de Grado

María Rosa Varó Laín

Elche, julio de 2021

Curso académico 2020-2021

Director: Miguel Ángel Sogorb Sánchez (Área de Toxicología)

Instituto de Bioingeniería y Departamento de Biología Aplicada

MIGUEL ÁNGEL SOGORB SÁNCHEZ, Catedrático de Universidad del Área de Toxicología del Departamento de Biología Aplicada e investigador del Instituto de Bioingeniería de la Universidad Miguel Hernández de Elche,

CERTIFICA:

que doña María Rosa Varó Laín, estudiante del Grado en Ciencias Ambientales por la Universidad Miguel Hernández de Elche, ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado *“Comparación de la seguridad para la salud humana de fitosanitarios empleados en agricultura convencional con la seguridad para la salud humana de fitosanitarios empleados en agricultura ecológica”* incluido en la presente memoria de Trabajo de Fin de Grado.

Y para que conste a todos los efectos oportunos, expido y firmo la presente certificación,

En Elche, junio de 2021

SOGORB SANCHEZ
MIGUEL ANGEL -
21467003E

Firmado digitalmente por SOGORB
SANCHEZ MIGUEL ANGEL -
21467003E
Fecha: 2021.06.26 14:53:43 +02'00'

Profesor Miguel Ángel Sogorb Sánchez

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos los profesores que me han acompañado a lo largo de la carrera, que me han formado como profesional y como persona, especialmente a mi tutor, Miguel Ángel Sogorb Sánchez, quien me otorgo el privilegio de poder compartir su inmenso saber a través de sus consejos y sus rigurosas correcciones.

También quiero agradecer a mis compañeros de carrera, en especial a Aarón, Miguel Ángel y Andy, por su amistad, las horas de esfuerzo y alegría compartidos.

A mis padres, que me han dedicado todo su tiempo, su esfuerzo y todos sus recursos con tal de educarme y formarme lo mejor posible para afrontar la vida.

Y por último, a mi hermana por ser un pilar fundamental en mi día a día.

ABREVIATURAS

ADI = Ingesta diaria admisible (por *Acceptable Daily Intake*)

EFSA = Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (por *European Food Safety Authority*)

mg/kg pc/día = mg sustancia/ kg peso corporal/día

MRL = Límite máximo de residuos (por *Maximum Residue Level*)

TFG = Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

La agricultura ecológica, en contra de la creencia ampliamente extendida, sí permite la utilización de plaguicidas y otros fitosanitarios. En este trabajo hemos definido un escenario de exposición ficticio en el que cada consumidor estaría expuesto a fitosanitarios a través de los alimentos de su dieta que contendrían una cantidad de sustancia activa residual equivalente al 50% de la concentración máxima legalmente permitida. Hemos definido un índice de riesgo como el porcentaje de la exposición resultante de este escenario de exposición con respecto a la exposición diaria aceptable (cantidad máxima de cada sustancia que es posible ingerir sin que ello suponga un riesgo para la salud humana). No hemos encontrado diferencias significativas entre los índices de riesgo de fitosanitarios utilizados en agricultura ecológica y los utilizados en agricultura convencional. Hemos encontrado una cantidad de fitosanitarios permitidos en agricultura ecológica que, o bien no han superado los filtros aplicados a fitosanitarios utilizados en agricultura convencional, o bien su toxicidad no ha sido estudiada. La utilización de estos fitosanitarios es un riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente.

Palabras clave: plaguicida, agricultura orgánica, toxicidad, evaluación del riesgo, fitosanitario.

SUMMARY

Organic farming, contrary to widely held belief, does allow the use of pesticides and other plant protection products. In this work, we have defined a fictitious exposure scenario in which each consumer would be exposed to pesticides and plant protection products through the foods in the diet that would contain an amount of residual active substance equivalent to 50% of the maximum legally permitted concentration. We have defined a risk index as the percentage of the exposure resulting from this exposure scenario with respect to the acceptable daily intake (maximum amount of each pesticide that can be ingested without posing a risk to human health). We have not found significant differences between the risks indexes of pesticides and plant protection products used in organic farming and those used in conventional agriculture. We have found a number of pesticides and plant protection products allowed in organic farming that either have not passed the filters applied to those products used in conventional agriculture, or their toxicity has not been studied. The use of these plant protection products and pesticides is a potential risk for human health and the environment.

Keywords: pesticide, organic farming, toxicity, risk assessment, plant protection product.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN.....	- 7 -
1.1 La agricultura industrial o convencional	- 8 -
1.2 La agricultura ecológica	- 9 -
2 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.....	- 11 -
2.1 Antecedentes	- 12 -
2.2 Objetivo	- 14 -
3 MATERIALES Y MÉTODOS	- 15 -
3.1 Selección de plaguicidas agricultura ecológica	- 16 -
3.2 Selección de plaguicidas utilizados en agricultura convencional	- 16 -
3.3 Extracción de valores MRL.....	- 17 -
3.4 Extracción de valores de ADI.....	- 17 -
3.5 Evaluación de la exposición del consumidor a productos fitosanitarios	- 17 -
3.6 Comparación del riesgo de uso de los diferentes fitosanitarios	- 18 - 4
RESULTADOS.....	- 20 - 4.1
Fitosanitarios en agricultura ecológica	- 21 -
4.2 Fitosanitarios en agricultura convencional	- 22 -
4.3 Cálculo del índice de riesgo de los fitosanitarios seleccionados empleados en agricultura ecológica.....	- 25 -
4.4 Cálculo del índice de riesgo de los fitosanitarios seleccionados empleados en agricultura convencional	- 25 -
5 DISCUSIÓN.....	- 31 -
5.1 Fitosanitarios en agricultura ecológica	- 32 -
5.2 Selección de fitosanitarios de agricultura convencional para nuestro estudio	- 32 -
5.3 Escenario de exposición empelado en este TFG.....	- 32 -
5.4 Comparación de la riesgo de fitosanitarios empleados en agricultura ecológica y convencional	- 33 -
6 CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA.....	- 35 -
6.1 Conclusiones	- 36 -
6.2 Proyección futura	- 36 -
7 BIBLIOGRAFÍA.....	- 37 -
ANEXO: Autorización de la Oficina de Investigación Responsable	



1.1 La agricultura industrial o convencional

La Real Academia Española define la agricultura como *“Conjunto de técnicas y conocimientos relativos al cultivo de la tierra”*. El objetivo de la agricultura es cultivar la tierra para generar productos vegetales, principalmente para la alimentación humana y del ganado. Con la finalidad de aumentar el rendimiento y la productividad de la agricultura, sobre el suelo de cultivo se aplican una serie de procesos y tratamientos que alteran la biodiversidad natural en favor del crecimiento de un determinado cultivo. Así, por ejemplo, es necesaria la aplicación de abonos, fertilizantes, plaguicidas y fitosanitarios (insecticidas, herbicidas, ...) etc. Todos estos productos impiden o dificultan el crecimiento y proliferación de especies animales, vegetales y unicelulares (hongos) que perjudicarían al cultivo en favor del crecimiento de la especie vegetal de interés económico.

Este Trabajo Fin de Grado (TFG) se centra en analizar y comparar la seguridad para la salud humana de algunos plaguicidas utilizados en agricultura. La FAO define los plaguicidas como *“cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga”*. Esta definición nos lleva directamente al concepto de plaga. La Real Academia Española define el término plaga como la *“aparición masiva y repentina de seres vivos de la misma especie que causan graves daños a poblaciones animales o vegetales, como, respectivamente, la peste bubónica y la filoxera”*.

Los plaguicidas se pueden clasificar atendiendo a diversos criterios, pero puede que el más ilustrativo sea el relacionado con el tipo de plaga que están destinados a controlar y combatir. En este sentido, los plaguicidas más relevantes en agricultura serían:

- Insecticidas: que se emplean para controlar plagas de insectos.
- Fungicidas: que se emplean para controlar plagas de hongos.
- Herbicidas: que se emplean para controlar plagas de malas hierbas.

Y en menor medida, también podrían ser relevantes en agricultura:

- Acaricidas: que se emplean para controlar plagas de ácaros.
- Molusquicidas: que se emplean para controlar plagas de moluscos.
- Bactericidas: que se emplean para controlar plagas de bacterias.
- Rodenticida: que se emplean para controlar plagas de roedores.

Por lo tanto, los plaguicidas son sustancias activas cuyo fin es controlar, prevenir, destruir o modificar procesos fundamentales de los organismos vivos que afectan a las plantaciones agrícolas. Como cualquier sustancia química con la que entre en contacto el ser humano los plaguicidas son susceptibles de alterar su salud. Es por ello que, considerando además que los plaguicidas son sustancias químicas diseñadas para eliminar diversas formas de vida, su uso está fuertemente regulado a fin de garantizar la seguridad tanto de la salud humana como del medio ambiente. La pieza legislativa básica de la Unión Europea para garantizar el uso seguro de sustancias empleadas en agricultura es el Reglamento (CE) Nº 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios. Esta normativa establece todos los controles que debe pasar un producto empleado en la protección de las plantas (también denominado producto fitosanitario) para poder ser comercializado y utilizado. Por lo tanto, **cualquier sustancia autorizada según el Reglamento (CE) Nº 1107/2009, puede ser utilizada en las condiciones establecidas en la autorización, sin que ello suponga un riesgo ni para la salud humana ni para el medio ambiente.** La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por *European Food Safety Authority*). Es el organismo europeo encargado de determinar qué sustancias químicas pueden acogerse al Reglamento CE Nº 1107/2009 y por tanto pueden ser utilizadas en agricultura para la protección de las plantas.

1.2 La agricultura ecológica

Desde hace unos años ha tomado mucha relevancia en la sociedad la denominada agricultura ecológica. La agricultura ecológica está regulada por el Reglamento (CE) No 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y define la agricultura ecológica como “*un sistema de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas en materia de medio ambiente y clima, un elevado nivel de biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción que responden a la demanda, expresada por un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales*”.

En España la producción ecológica se encuentra regulada desde 1989. En los últimos informes anuales sobre la producción ecológica de 2019, España ocupa el primer lugar en superficie de agricultura ecológica de la UE con una ocupación de 2.354.916 hectáreas. Los principales tipos de cultivo son los cereales para la producción de grano (211.756 hectáreas), legumbres secas y proteaginosas para la producción de grano (35.907 hectáreas) y plantas cosechadas en verde para alimentación animal (32.346 hectáreas). Las comunidades

autónomas con mayor superficie de agricultura ecológica son Andalucía con 1.065.259 hectáreas, Castilla la Mancha con 413.253 hectáreas y Cataluña con 229.608 hectáreas (MAPAMA 2020a).

En las últimas décadas la agricultura ecológica ha crecido considerablemente debido a un avance en la industria de alimentos orgánicos. Originalmente la producción se localizaba en pequeñas granjas y en la distribución de productos frescos de manera local, pero debido a que muchos consumidores consideran que los alimentos de origen orgánico son más sanos que los alimentos convencionales se ha producido un aumento de ventas, abriéndose así una oportunidad de negocio para los grandes productores de alimentos.

Está ampliamente extendida la creencia de que los alimentos procedentes de agricultura ecológica son más sanos que los procedentes de agricultura convencional porque la agricultura ecológica no utiliza plaguicidas ni fitosanitarios. Sin embargo, esto no es del todo cierto. Así, el Reglamento (CE) No 2018/848 establece que la utilización de productos fitosanitarios ha de estar muy restringida, concediéndose prioridad a aquellas medidas que eviten daños por plagas y malas hierbas a través de técnicas que no requieran la utilización de productos fitosanitarios, tales como la rotación de cultivos. No obstante, el citado reglamento también establece que se ha de permitir el uso de determinados productos fitosanitarios cuando tales técnicas no garanticen la protección apropiada, siempre que dichos productos hayan sido autorizados.

El Reglamento (CE) No 2018/848 recoge todos aquellos plaguicidas y productos fitosanitarios permitidos en la producción de agricultura ecológica. En el listado encontramos sustancias de origen vegetal o animal, microorganismos utilizados para el control biológico de plagas y enfermedades, sustancias producidas por microorganismos, sustancias que se utilizan solo en trampas y/o dispersores, preparados para su dispersión en la superficie entre las plantas cultivadas y otras sustancias utilizadas tradicionalmente en la agricultura ecológica.

Así pues, en contra de la creencia general, **la agricultura ecológica SI contempla el uso de plaguicidas. En este TFG nos centraremos en la comparación de la seguridad química de los productos fitosanitarios utilizados en agricultura industrial convencional con los utilizados en agricultura ecológica.**



2 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

2.1 Antecedentes

Como he comentado anteriormente, los plaguicidas contienen sustancias activas que, en caso de uso descontrolado o inapropiado podrían llegar a ser perjudiciales para la salud humana y el medioambiente y es precisamente por ello, por lo que es necesario hacer una evaluación del riesgo asociado a estas sustancias antes de ser comercializadas. El Reglamento (CE) 1107/2009 describe detalladamente el estricto procedimiento de evaluación que debe pasar una sustancia antes de dar un aprobado a su uso. No es objetivo de este TFG revisar los procedimientos de autorización de productos fitosanitarios, pero baste decir que el procedimiento está dirigido por la EFSA, que actúa en colaboración con los estados miembros de la Unión Europea. Así, las sustancias activas se evalúan con arreglo al siguiente procedimiento por fases:

- El productor de la sustancia activa presenta una solicitud de autorización a un estado miembro ponente designado previamente por la Comisión Europea. Esta solicitud incluye resultados de todos los estudios de toxicidad necesarios (estudios de toxicidad aguda, subaguda, subcrónica, crónica, carcinogenicidad, mutagenicidad, neurotoxicidad y toxicidad a la reproducción) así como una estimación del riesgo asociado para un determinado uso.
- Para cada sustancia y uso, el estado miembro ponente elabora un informe respaldando o refutando la solicitud de autorización. El estado miembro ponente presenta, si es necesario, su propia evaluación de riesgos derivada del uso cuya solicitud se está evaluando.
- La evaluación del riesgo del estado miembro ponente se somete a revisión por el Comité Científico de la EFSA, que elevará a la Comisión Europea un informe de conclusiones recomendando (o no) la aceptación de la autorización solicitada.
- La Comisión Europea adopta una decisión legislativa sobre si incluir o no la sustancia en la lista de sustancias activas autorizadas (EU Pesticides Database).

En el proceso de la evaluación de riesgos que conduce a la autorización (o no) de un fitosanitario se generan varios parámetros de interés toxicológico tanto para el consumidor como para el trabajador que haya de estar expuesto al fitosanitario. En este TFG nos resultará de especial interés la denominada ingesta diaria admisible (ADI por *Acceptable Daily Intake*).

La ADI es la cantidad de fitosanitario expresada en unidades de masa por kilogramo de

peso corporal y día que un consumidor podría ingerir durante la mayor parte de su vida sin que esto supusiera alteraciones en su salud.

Las autorizaciones concedidas por la UE son válidas por un periodo de 10 años. Trascurrido este plazo, el productor ha de presentar una solicitud de renovación aportando la información toxicológica que se hubiera generado durante el periodo de vigencia de la autorización (si la hubiera). Esta solicitud de renovación lleva un procedimiento de autorización prácticamente idéntico al de la primera solicitud de autorización y también es regulado por la EFSA.

En conclusión, el proceso de autorización de uso de sustancias fitosanitarias está supervisado y tutelado por expertos independientes y, por lo tanto, **el consumidor puede tener la certeza de que la utilización de productos fitosanitarios autorizados no supone ningún riesgo para su salud ni para el medio ambiente.**

La utilización de productos fitosanitarios para mejorar la productividad de los cultivos implica que existe la posibilidad de que trazas del producto fitosanitario lleguen hasta el consumidor a través del producto vegetal tratado.

Es por ello que, además del proceso descrito anteriormente para la autorización del uso de productos fitosanitarios, también existe legislación que protege la salud del consumidor de los residuos de fitosanitarios que puedan llegar hasta él a través de la dieta. La pieza legislativa encargada de ello es el Reglamento (CE) No 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal.

Así, las trazas o pequeñas cantidades de productos fitosanitarios que puedan llegar al consumidor a través de alimentos se denominan “residuos” y se denomina Nivel Máximo de Residuo (MRL por *Maximum Residue Level*) a la concentración más alta de un residuo de fitosanitario que está legalmente tolerado en o sobre alimentos o piensos cuando los plaguicidas se aplican atendiendo a buenas prácticas agrícolas.

La EFSA se encarga de establecer los MRL. Para ello, a la vez que se hace la evaluación de riesgos necesaria para la autorización de un fitosanitario, se estudia la degradación de este fitosanitario sobre los diferentes productos para los que se prevé autorizar su uso. A continuación, determina qué cantidad es esperable que pueda llegar al consumidor, y, atendiendo a PRIMo (un modelo de ingesta de residuos de plaguicidas desarrollado por la propia EFSA basado en datos de los países miembros sobre el consumo de productos alimenticios)

determina cuál es la concentración máxima tolerable en cada producto para que ello no suponga un riesgo para la salud del consumidor.

Los MRL son revisados periódicamente a la luz de la información toxicológica disponible y los valores actuales para cada fitosanitario y para cada producto alimentario se pueden consultar en la base de datos de plaguicidas de la Unión Europea (EU Pesticides Residues Database).

2.2 Objetivo

En las secciones anteriores de este TFG hemos establecido que:

1. La agricultura necesita de la utilización de productos fitosanitarios para optimizar su rendimiento y productividad.
2. Los productos fitosanitarios autorizados según el Reglamento (CE) Nº 1107/2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios no suponen riesgo para la salud humana.
3. La ingesta de alimentos con residuos de fitosanitarios al nivel de su MRL o inferior no supone ningún riesgo para la salud humana.
4. En contra de la extendida creencia el Reglamento (CE) No 2018/848 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos sí permite la utilización de determinados productos fitosanitarios.

Así, en este escenario, el objetivo de este TFG es:

determinar si los plaguicidas autorizados en el Reglamento (UE) 2018/848 sobre agricultura ecológica suponen un riesgo para la salud humana mayor o menor que el de los plaguicidas no contemplados por el citado reglamento, pero autorizados por el Reglamento (CE) Nº 1107/2009.



3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Selección de plaguicidas agricultura ecológica

El listado de fitosanitarios autorizados en agricultura ecológica se obtuvo del Anexo II, artículo 5, apartado 1 del citado Reglamento (UE) 2018/848 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos. Se verificó si los fitosanitarios contenidos en este Reglamento estaban (o no) autorizados por la Unión Europea consultando la EU Pesticides Database de la Unión Europea.

3.2 Selección de plaguicidas utilizados en agricultura convencional

La EU Pesticides Database de la Unión Europea contiene más de 454 fitosanitarios autorizados. Este número hace inviable dentro de los límites de un TFG convencional analizar todos ellos. Por lo tanto, decidimos hacer una selección de los más representativos. Para ello utilizamos el último informe científico disponible de la EFSA sobre residuos de plaguicidas en alimentos (EFSA, 2020). Este informe se elaboró con información suministrada por los países miembros de la Unión Europea en el año 2018 sobre los residuos de plaguicidas encontrados en alimentos durante sus controles habituales. El informe está elaborado sobre un total de 91.015 análisis donde se encontró un total de 177 diferentes plaguicidas, 169 de ellos en alimentos de origen vegetal y 21 en alimentos de origen animal.

El informe EFSA analiza los datos desde múltiples puntos de vista, como tipo de plaguicida, concentración de plaguicida detectada, tipo de alimento dónde el plaguicida es detectado o país de procedencia del análisis. Nosotros en nuestro análisis consideramos el análisis basado en plaguicidas que habían sido detectados por encima del límite analítico de detección.

Así, para seleccionar los plaguicidas de agricultura convencional que iba a ser analizados en este TFG establecimos dos criterios de inclusión. En primer lugar, analizamos los plaguicidas encontrados por encima de su límite de cuantificación en al menos el 2% del total de análisis realizados y que aparecieran en al menos 3 países diferentes. Posteriormente determinamos cuáles eran los plaguicidas encontrados por encima de su límite analítico de detección en al menos el 5% del total de análisis realizados y que aparecieran en al menos 3 países diferentes.

3.3 Extracción de valores MRL

Los MRL se extrajeron de la base de datos de la EFSA de residuos de plaguicidas (EU Pesticides Residues Database).

3.4 Extracción de valores de ADI

Los valores de ADI se extrajeron de la base de datos de plaguicidas de la EFSA (EU Pesticides Database).

3.5 Evaluación de la exposición del consumidor a productos fitosanitarios

Los productos fitosanitarios llegan al consumidor a través de los alimentos. Es por ello, que para evaluar la exposición del consumidor a estos productos fitosanitarios es necesario disponer de una dieta promedio del consumidor. En este TFG utilizamos los datos del más reciente (año 2019) informe sobre el consumo de alimentos en España, editado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA, 2020b). En este informe encontramos datos sobre el consumo anual per cápita de alimentos que podrían contener residuos de productos fitosanitarios. En nuestra estimación hemos incluido también alimentos de origen animal como huevos, carne y leche, ya que también podrían ser portadores de residuos de productos fitosanitarios y también disponen de sus propios valores MRL, en el caso de la carne encontramos distintos valores de MRL dependiendo del tipo, así que decidimos hacer una media del valor de MRL. Hemos ignorado en nuestra estimación de la ingesta productos como bebidas, aceite, pastelería, derivados lácteos, pan, pasta, pescados, marisco y otros alimentos como: platos preparados, caldos o salsas, bien porque no se ven afectados por productos fitosanitarios debido a su origen o bien porque no existen para ellos valores de MRL. La dieta modelo utilizada para estimar la exposición a productos fitosanitarios se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Dieta modelo utilizada en este TFG para estimar la exposición a productos fitosanitarios. Datos obtenidos correspondientes al año 2019 obtenidos de MAPAMA (2020b).

Dieta	Consumo per cápita (kg/persona/año)
Aceitunas	2,43
Arroz	3,84
Cereales	1,57
Cafés e infusiones	1,74
Carnes frescas	32,77

Fruta fresca	Naranja	16,26
	Mandarina	5,83
	Plátanos y Bananas	12,29
	Manzana	9,52
	Pera	4,69
	Melocotón	3
	Fresas y Fresones	2,95
	Melones y sandias	15,9
Frutos secos	Almendra	0,25
	Cacahuete	0,29
	Nueces	0,66
	Avellana	0,07
	Pistacho	0,18
	Otros frutos secos	1,46
Hortalizas y setas	Tomate	13,3
	Pimiento	4,82
	Calabacín	3,95
	Lechuga	3,96
	Cebolla	7,09
	Setas	1,31
	Huevos	8,33
Leches	69,27	
Legumbres	Garbanzos	1,39
	Alubias	0,94
	Lentejas	0,98
	Otras legumbres	0,04
	Especias y condimentos	0,12
Patatas	27,62	

Para estimar la ingesta diaria total y poder comparar el riesgo asociado al uso de los diversos fitosanitarios, diseñamos un escenario de exposición ficticio donde se asumía que el consumidor basaba su dieta en alimentos que contenían unos residuos de fitosanitario equivalente a 0.5 veces su respectiva MRL. Por lo tanto, la ingesta diaria total de cada plaguicida en este escenario ficticio sería el sumatorio de las exposiciones que recibiría el individuo a través de cada alimento de su dieta que contuviera un residuo de fitosanitario.

3.6 Comparación del riesgo de uso de los diferentes fitosanitarios

La ingesta diaria total, estimada según se muestra en la sección 3.5, nos ofrecería la cantidad de fitosanitario/persona/día a la que estaría expuesto el consumidor. La IDA nos ofrece un valor de exposición, expresado en cantidad de sustancia por kilogramo de peso corporal y por

día, a la que se puede exponer un consumidor sin que ello suponga un riesgo para su salud. Por lo tanto, para poder comparar las dos magnitudes, normalizamos la medida de la ingesta diaria total dividiendo el valor obtenido según se indica en la sección 3.5 por un peso corporal de estándar de un humano adulto de 70 kg.

A fin de comparar el riesgo para la salud humana de los diversos fitosanitarios definimos un parámetro, que en este TFG denominaremos índice de riesgo, como el cociente (expresado en porcentaje) entre la ingesta diaria total y el IDA. Es decir, el índice de riesgo representa el porcentaje de la IDA que supone la ingesta diaria total estimada en nuestro escenario de exposición. Así, cuanto más cercano al 100% sea el índice de riesgo, más cerca se encuentra el fitosanitario, en nuestro escenario ficticio de exposición, de generar una exposición que, hipotéticamente, pudiera suponer un problema para la salud del consumidor.





4 RESULTADOS

4.1 Fitosanitarios en agricultura ecológica

En primer lugar, se determinó el estatus de los fitosanitarios autorizados según el Reglamento (CE) No 2018/848 sobre producción ecológica dentro del Reglamento (CE) N° 1107/2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios. Para ello, se buscaron los fitosanitarios del Anexo II del Reglamento No 2018/848 en la EU Pesticides Database. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Fitosanitarios autorizados en agricultura ecológica.

Sustancia según Reglamento 2018/848	¿Se encuentra en la EU Pesticides Database?	¿Autorizada según Reglamento 1107/2009?
<i>Sustancias de origen vegetal o animal</i>		
Azadiractina extraída de <i>Azadirachta indica</i> (árbol del neem)	SI	SI
Cera de abejas, constituida por alcohol de miricilo y ácido palmítico	NO	-
Gelatina	SI	NO
Proteínas hidrolizadas. Dependen de su origen, las más comunes son el glutamato y la caseína.	NO	-
Lecitina	SI	NO
Aceites vegetales (por ejemplo, de menta, de pino, de alcaravea)	SI	Menta: SI Pino: NO
Piretrinas extraídas de <i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	SI	SI
Cuasia extraída de <i>Quassia amara</i>	SI	NO
Rotenona extraída de <i>Derris</i> spp., <i>Lonchocarpus</i> spp. y <i>Terphrosia</i> spp.	SI	NO
<i>Sustancias producidas por microorganismos</i>		
Espinosa	SI	SI
<i>Sustancias que se utilizan solo en trampas o dispersores</i>		
Fosfato diamónico	SI	SI
Feromonas	SI	SI
Piretroides (solo deltametrina o lambda-cihalotrina)	SI	SI
<i>Preparados para su dispersión en la superficie entre las plantas cultivadas</i>		
Fosfato férrico [ortofosfato de hierro (III)]	SI	SI
<i>Otras sustancias utilizadas tradicionalmente en la agricultura ecológica</i>		
Cobre en forma de hidróxido de cobre, oxiclورو de cobre, sulfato de cobre tribásico, óxido cuproso u octanoato de cobre	SI	SI
Etileno	SI	SI
Sal de potasio rica en ácidos grasos (jabón suave)	SI	SI
Sulfato de aluminio y potasio (kalinita)	NO	-
Polisulfuro de calcio	SI	SI
Aceite de parafina	NO	SI
Aceites minerales	NO	SI
Permanganato de potasio	SI	NO
Arena de cuarzo	SI	SI
Azúfre	SI	SI
<i>Otras sustancias</i>		
Hidróxido de calcio	SI	SI
Bicarbonato de potasio	SI	SI

La Tabla 2 muestra como el Reglamento 2018/848 autoriza la utilización de productos fitosanitarios que, o bien no se encuentran reconocidos en el Reglamento 1107/2009, o bien han sido estudiados y no se ha concedido autorización para uso. No todos los productos mostrados en la Tabla 2 tienen definida una ADI y un MRL en las correspondientes bases de datos de la Unión Europea porque para algunos de ellos no es necesario, bien por el tipo de uso, bien porque se biodegraden rápidamente y no es previsible que alcancen al consumidor, etc. Este es el caso de, por ejemplo, del fosfato diamónico, feromonas, etileno, sal de potasio rica en ácidos grasos, polisulfuro de calcio, arena de cuarzo y azufre.

Dado que la metodología experimental presentada en las secciones 3.5 y 3.6 de este TFG requieren de la utilización de una ADI, la lista de fitosanitarios que emplearemos en nuestro análisis incluye exclusivamente aquellos para los cuales existen definidos una ADI y MRLs. Estas sustancias se muestran en la Tabla 3. Todas las sustancias mostradas en la Tabla 3 todas se utilizan como insecticidas.

Tabla 3: Fitosanitarios empleados en agricultura ecológica seleccionados para su comparación con fitosanitarios empleados en agricultura industrial.

FITOSANITARIO	ADI (mg/kg pc/día)
Azadiractina	0,1
Piretrinas	0,04
Espinosad	0,024
Piretroides	Deltamethrin: 0,01 Lambda-cyhalothrin: 0,0025

4.2 Fitosanitarios en agricultura convencional

Para seleccionar un número de productos fitosanitarios manejables dentro de la escala de este TFG se utilizó el último informe científico disponible de la EFSA sobre residuos de plaguicidas en alimentos (EFSA, 2020). Este informe compila los datos oficiales suministrados por los respectivos organismos oficiales encargados de controlar los residuos de plaguicidas en los países de la Unión Europea más Islandia y Noruega. El informe presenta y analiza los resultados según país de origen, alimento, plaguicida, muestras cuyos análisis excedieron el MRL autorizado y muestras en las que se detectó algún plaguicida a concentraciones superiores al límite de cuantificación. En este TFG utilizamos este último criterio. Así, seleccionamos los fitosanitarios que aparecían en los análisis a concentraciones superiores al límite de cuantificación en al menos el 2% de los análisis y al menos en tres diferentes países. La Tabla 4 muestra los resultados de este análisis junto con la correspondiente ADI extraída de la EU Pesticides Database.

Tabla 4: Fitosanitarios detectados en la Unión Europea durante el año 2018 por encima del límite analítico de detección. Datos tomados de EFSA (2020). ADI extraída de la EU Pesticides Database. Los fitosanitarios sombreados fueron los empleados para la comparación con los fitosanitarios mostrados en la Tabla 3.

Plaguicida	Total de análisis	Análisis por encima del límite de cuantificación	Análisis por encima del límite de cuantificación (%)	Países donde se detectó el plaguicida	ADI (mg/kg pc/día)
Acetamiprid	69,670	4,473	6.42	30	0.025
Azoxystrobin	75,783	3,794	5.01	30	0.2
Boscalid	75,008	6,72	8.96	30	0.04
Bromide ion	4,732	602	12.72	22	-
Captan	31,907	1,128	3.54	21	0.1
Carbendazim	62,277	1,303	2.09	29	0.02
Chlorantraniliprole	65,228	1,912	2.93	28	1.56
Chlorates	6,755	1,115	16.51	8	-
Chlormequat	6,257	716	11.44	26	-
Chlorpyrifos	77,040	2,974	3.86	30	-
Cyprodinil	72,362	3,146	4.35	30	0.03
Difenoconazole	73,400	2,269	3.09	30	0.01
Dimethomorph	70,445	1,705	2.42	30	0.05
Dithiocarbamates	14,957	1,244	8.32	28	-
Ethephon	9,395	321	3.42	26	0.03
Fludioxonil	69,788	4,55	6.52	30	0.37
Fluopyram	61,161	4,131	6.75	30	0.012
Fosetyl-Al	6,049	1,338	22.12	9	3
Glyphosate	9,573	191	2.00	26	0.5
Imazalil	73,917	5,348	7.24	30	0.025
Imidacloprid	72,740	2,926	4.02	30	0.06
Lambda-cyhalothrin	56,437	1,189	2.11	30	0.0025
Mepiquat	11,544	356	3.08	27	0.2
Propamocarb	63,987	1,537	2.40	29	0.29
Pyraclostrobin	72,931	3,103	4.25	30	0.03
Pyrimethanil	73,085	3,558	4.87	30	0.17
Spirotetramat	30,708	737	2.40	19	0.05
Tebuconazole	73,082	3,044	4.17	30	0.03
Thiabendazole	68,174	2,796	4.10	29	0.1
Thiacloprid	73,855	1,735	2.35	30	0.01

El cribado atendiendo a los criterios iniciales establecidos (número de muestras analizadas con plaguicidas por encima del 2% en al menos 3 países diferentes) mostró un total de 30 diferentes plaguicidas (Tabla 4). Este número se consideró todavía excesivo para el orden de magnitud de este TFG por lo que para reducir el número de plaguicidas se hizo un segundo cribado elevando el criterio del número de muestras por encima del límite analítico de

detección desde el 2 al 5% de las muestras y manteniendo el criterio de que fueran detectados en al menos 3 países diferentes.

Los resultados de este segundo cribado se muestran en la Tabla 4 en las celdas sombreadas. Los plaguicidas candidatos se redujeron hasta un total de 11. De entre los 11 plaguicidas seleccionados en la Tabla 4, el ion bromuro y los cloratos no presentan ADI en la EU Pesticides Database por lo que no pueden ser incluidos en nuestro trabajo al no ser aplicable nuestra estrategia de comparación con los plaguicidas empleados en agricultura ecológica. Además, la denominación ditiocarbamatos corresponde en realidad a una familia de sustancias que incluyen muchos compuestos como por ejemplo dazomet, ferbam, mancozeb, maneb, metilmetiram, metiram y otros. No obstante, el informe de la EFSA los agrupa en una sola entrada, por lo que no es posible por lo tanto aplicar nuestra estrategia y por lo tanto los ditiocarbamatos no fueron incluidos en la comparación.

Además de los plaguicidas seleccionados se decidió incluir en la lista el glifosato, al ser este herbicida una sustancia que causa una amplia preocupación social. Por ejemplo, es relativamente sencillo encontrar listados de ciudades españolas que se declaran “*libres de glifosato*”¹. De hecho, una prueba del interés en este plaguicida es que el propio informe de la EFSA (2020) incluye un sub-apartado para el análisis relacionado con esta sustancia. El glifosato aparece en la Tabla 4 en un 2% de los análisis en 26 diferentes países, por lo que no fue incluido en nuestra selección tras aplicar el segundo criterio de cribado (presencia en más del 5% de muestras analizadas). No obstante, debido al interés en esta sustancia, decidimos volver a incluir el glifosato en la lista de sustancias a utilizar.

Así pues, la lista de plaguicidas utilizados en agricultura convencional que emplearemos en este TFG para comparar con los plaguicidas incluidos en agricultura ecológica incluye los siguientes:

- Insecticidas: acetamiprid.
- Fungicidas: azoxystrobin, boscalid, fludioxonil, fluopyram, fosetyl-Al y imazalil.
- Reguladores del crecimiento de plantas: chlormequat.
- Herbicida: glyphosate.

¹ Por ejemplo en: <https://www.ecologistasenaccion.org/7247/se-dispara-el-numero-de-municipios-que-vetan-el-glifosato-en-espana/> (consultado el 23 de junio de 2021)

4.3 Cálculo del índice de riesgo de los fitosanitarios seleccionados empleados en agricultura ecológica

Se calculó la exposición a los fitosanitarios utilizados en agricultura ecológica mostrados en la Tabla 3 según se ha descrito en la sección 3.5 de este TFG. A continuación, se calculó el índice de riesgo de todos ellos según se describe en la sección 3.6 de este TFG. La Tabla 5 muestra, a modo de ejemplo el caso del azadirachtin. La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos para el resto de sustancias incluidas en la Tabla 3.

4.4 Cálculo del índice de riesgo de los fitosanitarios seleccionados empleados en agricultura convencional

Se calculó la exposición a los fitosanitarios utilizados en agricultura convencional mostrados en la Tabla 4 según se ha descrito en la sección 3.5 de este TFG. A continuación, se calculó el índice de riesgo de todos ellos según se describe en la sección 3.6 de este TFG. La Tabla 6 muestra, a modo de ejemplo el caso del acetamiprid. La Tabla 7 muestra los resultados obtenidos para el resto de sustancias incluidas en la Tabla 4.

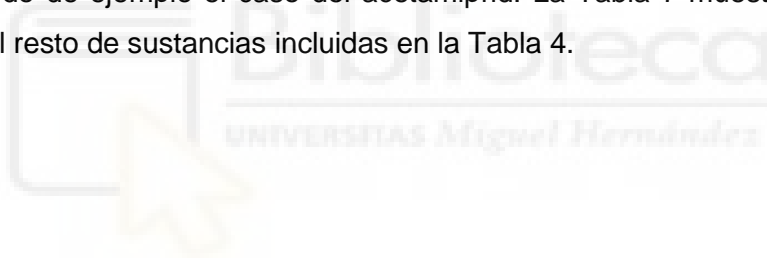


Tabla 5: Cálculo del índice de riesgo del fitosanitario empleado en agricultura ecológica azadirachtin. La dieta se obtuvo del informe sobre el consumo de alimentos en España (MAPAMA, 2020b). El MRL se obtuvo de la EU Pesticides Residues Database. El ADI se obtuvo de la EU Pesticides Database. Se asumió un peso corporal de 70 kg por persona adulta.

Dieta	Consumo (kg/persona/año)	Consumo (kg/persona/día)	MLR azadirachtin (mg/kg producto)	0,5 x MRL (mg/kg producto)	mg azadirachtin /día /persona	
Aceitunas	2,43	0,0067	1	0,5	0,0033	
Arroz	3,84	0,0105	1	0,5	0,0053	
Cereales	1,57	0,0043	1	0,5	0,0022	
Cafés e infusiones	1,74	0,0048	0,01	0,005	0,0000	
Carnes frescas	32,77	0,0898	0,1	0,05	0,0045	
Fruta fresca	Naranja	16,26	0,0445	0,5	0,25	0,0111
	Mandarina	5,83	0,0160	0,5	0,25	0,0040
	Plátanos y bananas	12,29	0,0337	0,01	0,005	0,0002
	Manzana	9,52	0,0261	1	0,5	0,0130
	Pera	4,69	0,0128	1	0,5	0,0064
	Melocotón	3	0,0082	1	0,5	0,0041
	Fresas y fresones	2,95	0,0081	1	0,5	0,0040
	Melones y sandías	15,9	0,0436	1	0,5	0,0218
Frutos secos	Almendra	0,25	0,0007	1	0,5	0,0003
	Cacahuete	0,29	0,0008	0,01	0,005	0,0000
	Nueces	0,66	0,0018	1	0,5	0,0009
	Avellana	0,07	0,0002	1	0,5	0,0001
	Pistacho	0,18	0,0005	0,01	0,05	0,0000
	Otros frutos secos	1,46	0,0040	0,01	0,05	0,0000

Hortalizas y setas	Tomate	13,3	0,0364	1	0,5	0,0182
	Pimiento	4,82	0,0132	1	0,5	0,0066
	Calabacín	3,95	0,0108	1	0,5	0,0054
	Lechuga	3,96	0,0108	1	0,5	0,0054
	Cebolla	7,09	0,0194	1	0,5	0,0097
	Setas	1,31	0,0036	1	0,5	0,0018
Huevos		8,33	0,0228	0,01	0,05	0,0001
Leches		69,27	0,1898	0,01	0,05	0,0009
Legumbres	Garbanzos	1,39	0,0038	1	0,5	0,0019
	Alubias	0,94	0,0026	1	0,5	0,0013
	Lentejas	0,98	0,0027	1	0,5	0,0013
	Otras legumbres	0,04	0,0001	1	0,5	0,0001
Especias y condimentos		0,12	0,0003	0,01	0,05	0,0000
Patatas		27,62	0,0757	1	0,5	0,0378

Ingesta diaria total (mg azadirachtin /persona/día): 0,1720

Ingesta total = 0,002457 mg azadirachtin /kg pc/día

IDA = 0,1 mg azadirachtin /kg pc/día

Índice de riesgo azadirachtin (ingesta total x 100 / IDA) = 2,5%

Tabla 6: Cálculo del índice de riesgo del fitosanitario empleado en agricultura convencional acetamiprid. La dieta se obtuvo del informe sobre el consumo de alimentos en España (MAPAMA, 2020b). El MRL se obtuvo de la EU Pesticides Residues Database. El ADI se obtuvo de la EU Pesticides Database. Se asumió un peso corporal de 70 kg por persona adulta.

Dieta	Consumo (kg/persona/año)	Consumo (kg/persona/día)	MLR acetamiprid (mg/kg producto)	0,5 x MRL (mg/kg producto)	mg acetamiprid /día /persona	
Aceitunas	2,43	0,0067	3	1,5	0,0100	
Arroz	3,84	0,0105	0,01	0,005	0,0001	
Cereales	1,57	0,0043	0,1	0,05	0,0002	
Cafés e infusiones	1,74	0,0048	0,05	0,025	0,0001	
Carnes frescas	32,77	0,0898	0,55	0,275	0,0247	
Fruta fresca	Naranja	16,26	0,0445	0,9	0,45	0,0200
	Mandarina	5,83	0,0160	0,9	0,45	0,0072
	Plátanos y Bananas	12,29	0,0337	0,4	0,2	0,0067
	Manzana	9,52	0,0261	0,4	0,2	0,0052
	Pera	4,69	0,0128	0,4	0,2	0,0026
	Melocotón	3	0,0082	0,2	0,1	0,0008
	Fresas y Fresones	2,95	0,0081	0,5	0,25	0,0020
	Melones y sandías	15,9	0,0436	0,2	0,1	0,0044
Frutos secos	Almendra	0,25	0,0007	0,07	0,035	0,0000
	Cacahuete	0,29	0,0008	0,07	0,035	0,0000
	Nueces	0,66	0,0018	0,07	0,035	0,0001
	Avellana	0,07	0,0002	0,07	0,035	0,0000
	Pistacho	0,18	0,0005	0,07	0,035	0,0000
	Otros frutos secos	1,46	0,0040	0,07	0,035	0,0001
Hortalizas y setas	Tomate	13,3	0,0364	0,5	0,25	0,0091
	Pimiento	4,82	0,0132	0,3	0,15	0,0020
	Calabacín	3,95	0,0108	0,3	0,15	0,0016
	Lechuga	3,96	0,0108	1,5	0,75	0,0081
	Cebolla	7,09	0,0194	0,02	0,01	0,0002
	Setas	1,31	0,0036	0,01	0,005	0,0000

Huevos		8,33	0,0228	0,2	0,1	0,0023
Leches		69,27	0,1898	0,02	0,01	0,0019
Legumbres	Garbanzos	1,39	0,0038	0,15	0,075	0,0003
	Alubias	0,94	0,0026	0,15	0,075	0,0002
	Lentejas	0,98	0,0027	0,15	0,075	0,0002
	Otras legumbres	0,04	0,0001	0,15	0,075	0,0000
Especias y condimentos		0,12	0,0003	3	1,5	0,0005
Patatas		27,62	0,0757	0,01	0,005	0,0004
Ingesta diaria total (mg acetamiprid /persona/día):						0,1111
Ingesta total = 0,001587 mg acetamiprid /kg pc/día						
IDA = 0,025 mg acetamiprid /kg pc/día						
Índice de riesgo acetamiprid (ingesta total x 100 / IDA) = 6,3%						

Tabla 7: Índices de riesgo de plaguicidas utilizados en agricultura ecológica y convencional.
Los índices se calcularon según se describe en la sección 3.6 de este TFG y según se muestra a modo de ejemplo en las Tablas 5 y 6.

Agricultura ecológica		Agricultura convencional	
Plaguicida	Índice de riesgo (%)	Plaguicida	Índice de riesgo (%)
Azadiractina	2,5	Acetamiprid	6,3
Piretrinas	1,7	Azoxystrobin	8,0
Espinosad	29,7	Boscalid	26,3
Deltamethrin	9,9	Chlormequat	9,3
Lambda-cyhalothrin	44,9	Fludioxonil	37,1
		Fluopyram	33,7
		Fosetyl-Al	7,8
		Imazalil	8,5
		Glyphosate	0,4

La Tabla 8 presenta un análisis estadístico de los resultados presentados en la Tabla 7.

Tabla 8: Análisis estadístico de los datos presentados en la Tabla 7.

	Agricultura ecológica	Agricultura convencional
Media	17,7	15,3
N	18,9	13,4
Rango	5	9
Mediana	9,9	8,5
Percentil 95	41,5	35,7
Rango	1,7-44,9	0,4-37,4

Se observa en ambos grupos de plaguicidas hay una gran variabilidad, siendo el glifosato y y la lambda-cyhalothrin las sustancia que presenta un menor índice (0,4%) y un mayor (44,9%) índice de riesgo; respectivamente.



5 DISCUSIÓN

5.1 Fitosanitarios en agricultura ecológica

La información mostrada en la Tabla 2 muestra como el Reglamento 2018/848 autoriza la utilización de productos fitosanitarios que, o bien no se encuentran reconocidos en el Reglamento 1107/2009, como es el caso de cera de abejas, proteínas hidrolizadas, aceites vegetales, sulfato de aluminio y potasio, aceite de parafina y aceites minerales, o bien han sido estudiados y no se ha concedido autorización para uso, como gelatina, caseína, lecitina, aceite de pino, cuasia, y rotenona). Para el primero de los casos, lo único que podemos afirmar es que no existen datos que avalen su seguridad para la salud humana y el medio ambiente, mientras que, para el segundo grupo de sustancias, podemos afirmar que se están empleando en agricultura ecológica aun cuando se ha demostrado que su uso no es seguro para la salud humana, para el medio ambiente o para ambos.

5.2 Selección de fitosanitarios de agricultura convencional para nuestro estudio

Un posible criterio a emplear para la selección de los fitosanitarios empleados en la comparación que se presenta en este TFG hubiera sido el volumen de producción, que estaría directamente relacionado con la intensidad de su uso. Inicialmente intentamos encontrar información acerca de estos parámetros, pero la información que localizamos resultó pobre, dispersa y anticuada. Dada la imposibilidad de encontrar información de calidad acerca del volumen de producción o de utilización de plaguicidas se recurrió al criterio de número de veces que aparecen en los controles realizados por las autoridades nacionales de los países de la Unión Europea. Este criterio no necesariamente está relacionado con el volumen de producción o la intensidad de su uso. No obstante, entendemos que puede ser incluso más relevante que el de volumen de producción ya que nos informa directamente de cuáles son los fitosanitarios que están llegando al consumidor vía dieta; mientras que es posible una situación en que un fitosanitario fuera muy intensamente utilizado, pero, debido a su alta biodegradabilidad, no llegara al consumidor porque fuera eliminado en algún momento entre su aplicación en el campo y la llegada del producto tratado a la mesa del consumidor.

5.3 Escenario de exposición empelado en este TFG

Resulta importante recalcar que el escenario de exposición planteado en este TFG, donde se asume que el consumidor está expuesto a productos con una cantidad de plaguicidas de 0,5 veces su MRL, es un escenario ficticio empleado para modelizar la comparación entre ambos grupos de plaguicidas **y que está muy lejos de ser un escenario de exposición real**. De

hecho, el informe científico de la EFSA (EFSA, 2020) recalca que solamente el 4,5% de los 91,015 análisis realizados por las autoridades competentes en 2018 mostraron una concentración de plaguicidas por encima del correspondiente MRL y el porcentaje total de muestras con plaguicidas detectados por encima del límite de cuantificación (que es mucho menor que el MRL) es relativamente bajo. El escenario de exposición que planteamos en este TFG, aun siendo ficticio, de darse, no supondría ningún riesgo para la salud del consumidor ya que ningún alimento estaría por encima de su respectivo MRL. Por lo tanto, la situación real descrita por la EFSA en su informe hace altamente improbable que los niveles de plaguicidas detectados puedan suponer un riesgo para la salud del consumidor.

5.4 Comparación del índice de riesgo de fitosanitarios empleados en agricultura ecológica y convencional

El índice de riesgo empleado en este TFG representa el porcentaje de la ingesta diaria admisible se estaría dando en el escenario de exposición ficticio definido como aquel en que los consumidores ingieren sus alimentos con una concentración residual de plaguicidas equivalente a 0,5 veces el MRL. Por lo tanto, cuanto mayor sea el índice de riesgo, más cerca se estará de una exposición que podría resultar perjudicial para la salud del consumidor y podremos decir que el plaguicida es menos seguro que otro que presentara un valor de índice de riesgo menor.

La Figura 1 presenta en un diagrama de cajas y bigotes la distribución del índice de riesgo de ambos tipos de plaguicidas. Se observa en ambos casos una amplia distribución de los valores, no obstante, el rango de los índices de riesgo de los plaguicidas empleados en agricultura convencional está comprendido dentro del rango de los índices de riesgo de los fitosanitarios empleados en agricultura convencional.

La Tabla 8 presenta un análisis estadístico de los valores individuales de los índices de riesgo. Se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la media de los índices de riesgo de ambos grupos de plaguicidas. No obstante, si se observa una tendencia a que todos los parámetros (media, mediana y percentil 95) son ligeramente superiores en el grupo de fitosanitarios empleados en agricultura ecológica que los del grupo de fitosanitarios empleados en agricultura convencional.

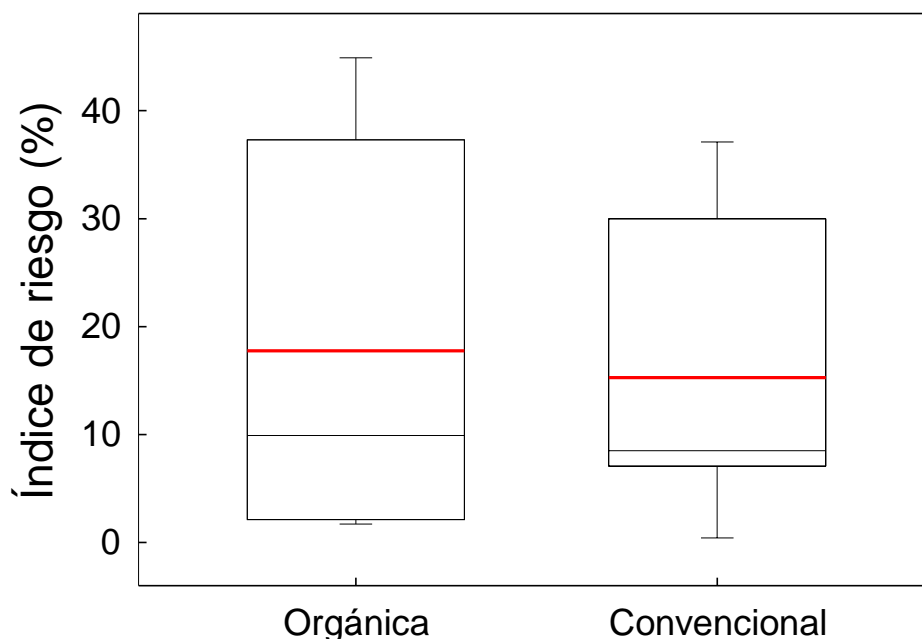


Figura 1: Distribución de datos de índice de riesgo de plaguicidas empelados en agricultura convencional y en agricultura ecológica. Los datos se tomaron de la Tabla 7. En ambas cajas la barra roja representa la media y la barra negra la mediana.

De todas las sustancias estudiadas la que presentó un mayor índice de riesgo perteneció a la agricultura ecológica y se trató de la lambda-cyhalothrin (Tabla 7); mientras que la sustancia con un menor índice de riesgo perteneció a la agricultura convencional y se trató del glifosato.

El glifosato es una sustancia de alta preocupación social. De hecho, es común ver en los medios de comunicación que, al amparo de campañas de opinión desarrolladas por determinadas organizaciones, muchos ayuntamientos de España han declarado sus municipios “libres de glifosato” en favor de otros herbicidas supuestamente menos tóxicos. Sin embargo, podemos ver en este TFG que el glifosato presentó el menor de los índices de riesgo de entre todas las sustancias analizadas. Por lo tanto, las citadas campañas, carecen de rigor científico.



6 CONCLUSIONES Y PROYECCIÓN FUTURA

6.1 Conclusiones

- 1 No existen diferencias significativas de seguridad para la salud humana entre los plaguicidas empleados en agricultura ecológica y los empleados en agricultura convencional.
- 2 La agricultura ecológica utiliza plaguicidas que no han superado los filtros aplicados a los plaguicidas utilizados en agricultura convencional, lo cual podría suponer un riesgo para la salud humana y/o medio ambiente.
- 3 La agricultura ecológica utiliza plaguicidas cuya toxicidad no ha sido ni siquiera evaluada, lo cual podría suponer un riesgo para la salud humana y/o medio ambiente.

6.2 Proyección futura

Sería deseable abordar un estudio similar al aquí presentado pero focalizado en estudiar los riesgos para el medio ambiente. En este caso, el índice de riesgo aplicado en este TFG no sería válido y sería necesario emplear otra herramienta de medida, como podría ser hacer una distribución de sensibilidad de las especies que habitan los diversos ecosistemas, como agua, suelo, sedimento, etc.



EFSA (European Food Safety Authority). (2020). The 2018 European Union report on pesticide residues in food. EFSA Journal 2020;18(4):6057. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2020.6057>

EU Pesticides Database. Disponible (21 de junio de 2021): <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/active-substances/?event=search.as>

EU Pesticides Residues Database. Disponible (22 de junio de 2021): <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/mrls/?event=search.pr>

MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (2020a) La producción Ecológica. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/>

MAPAMA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (2020b). Informe del Consumo Alimentario en España 2019. Disponible en (22 de junio de 2021): https://www.mapa.gob.es/ca/alimentacion/temas/consumo-tendencias/informe2019_v2_tcm34-540250.pdf

PRIMo: Modelo de ingesta de residuos de plaguicidas. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://www.efsa.europa.eu/es/applications/pesticides/tools>

Reglamento (CE) N° 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://www.boe.es/doue/2009/309/L00001-00050.pdf>

Reglamento (CE) No 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) No 834/2007 del Consejo. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://www.boe.es/doue/2018/150/L00001-00092.pdf>

Reglamento (CE) No 396/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de febrero de 2005 relativo a los límites máximos de residuos de plaguicidas en alimentos y piensos de origen vegetal y animal y que modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo. Disponible en (21 de junio de 2021): <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2005R0396:20080410:ES:PDF>





INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 16 de junio del 2021

Nombre del tutor/a	MIGUEL ÁNGEL SOGORB SÁNCHEZ
Nombre del alumno/a	MARÍA ROSA VARÓ LAIN
Tipo de actividad	4. Trabajo técnico* de carácter intelectual (no se requiere el uso de laboratorios y/o talleres)
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	Comparación de la seguridad para la salud humana de plaguicidas utilizados con agricultura ecológica y agricultura industrial
Código/s GIS estancias	
Evaluación Riesgos Laborales	No procede
Evaluación Ética	No procede
Registro provisional	210616213520
Código de Investigación Responsable	TFG.GCA.MÁSS.MRVL.210616
Caducidad	2 años

Se considera que el presente proyecto carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **Comparación de la seguridad para la salud humana de plaguicidas utilizados con agricultura ecológica y agricultura industrial** ha sido realizada de manera automática en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere someterse a dicha evaluación. Dicha información se adjunta en el presente informe. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Secretario del CEII
Vicerrectorado de Investigación

Domingo L. Orozco Beltrán
Presidente del CEII
Vicerrectorado de Investigación

Información adicional:

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas están informados.
- Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de



prevención de riesgos laborales. Le indicamos que tiene a su disposición al Servicio de Prevención de la UMH para asesorarle en esta materia.

La información descriptiva básica del presente trabajo será incorporada al repositorio público de Trabajos fin de Grado y Trabajos Fin de Máster autorizados por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández en el curso académico 2020/2021. También se puede acceder a través de <https://oir.umh.es/tfg-tfm/>

