

## RESUMEN

El uso de **fitosanitarios** en la agricultura está ampliamente extendido, tanto a nivel nacional, como en la Unión Europea, y afecta a diversos entornos geográficos y climáticos. Estos productos generan **contaminación** de suelos y aguas mediante drenaje, lixiviación y acumulación, causando **daños medioambientales** y a la **salud humana** [1]. Por ello, es importante optimizar su uso para reducir estos impactos. En este estudio, se ha analizado el **impacto** de los **fitosanitarios** en **entornos medioambientales** utilizando **modelos predictivos de toxicidad** basados en **análisis de ciclo de vida (ACV)**, los cuales ofrecen rapidez, confiabilidad y bajo coste, superando los problemas éticos y legislativos de ensayos convencionales.

## OBJETIVOS

- Identificar los pesticidas de mayor impacto toxicológico y ecotoxicológico en la región de Cuenca, Ecuador.
- Evaluar los riesgos para la salud humana y el ecosistema acuático de los fitosanitarios más empleados.
- Analizar el ciclo de vida (ACV) de los pesticidas utilizados en la región.



## MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo ambiental **USEtox**<sup>®</sup> se utilizó para caracterizar los impactos toxicológicos y ecotoxicológicos de estos pesticidas teniendo en cuenta el análisis del ciclo de vida (ACV). El modelo cuenta con una extensa base de datos que incluye ponderaciones para diversas sustancias químicas, tanto orgánicas como inorgánicas [2].

### Cálculo del valor de impacto:

$$IS = \sum(m_{x,i} \times CF_{x,i})$$

Donde:

**IS**: Representa la contribución de las sustancias químicas al aumento de la toxicidad y ecotoxicidad, expresada en unidades toxicológicas comparativas por unidad funcional (CTU).

**CF<sub>x,i</sub>**: Es el factor de caracterización de la sustancia **x** emitida al compartimento **i**, expresado en unidades toxicológicas comparativas por kilogramo emitido [CTU·kg<sup>-1</sup>].

**m<sub>x,i</sub>**: Es la masa emitida de la sustancia **x** al compartimento **i** por unidad funcional, expresada en kg.

### Cálculo de los factores toxicológicos:

$$CFHT = EFHT \times iF$$

Donde:

**EFHT**: Corresponde al factor de efecto potencial.

**iF**: Es la fracción de la masa emitida que llega a la población humana.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Compuesto químico	Toxicidad humana (en punto medio) - CTUh Aumento de morbilidad de la población	Salud humana (en punto final) - CDUh Pérdida de equivalentes a años de plena salud	Ecotoxicidad (en punto medio) - CTUe PAF·m <sup>3</sup> ·día - efectos adversos en organismos acuáticos	Ecotoxicidad (en punto final) - CDUe PDF·m <sup>3</sup> ·día - desaparición de organismos acuáticos
Clorpirifos	2.15E-03	5.81E-03	9.92E+08	1.10E+04
Paraquat	2.50E-04	6.74E-04	9.00E+07	1.85E+01
Cipermetrina	1.59E-04	4.30E-04	3.76E+10	6.96E+03
Lambda Cihalotrina	0.00E+00	0.00E+00	4.03E+09	0.00E+00
Mancozeb	3.76E-04	1.01E-03	1.41E+08	1.03E+01
Acefato	5.65E-04	1.53E-03	7.87E+03	1.84E-01

Tabla 1. Impacto sobre la salud humana y el medioambiente de los principales pesticidas usados en el Cantón Cuenca (Ecuador).

Impacto sobre la salud humana

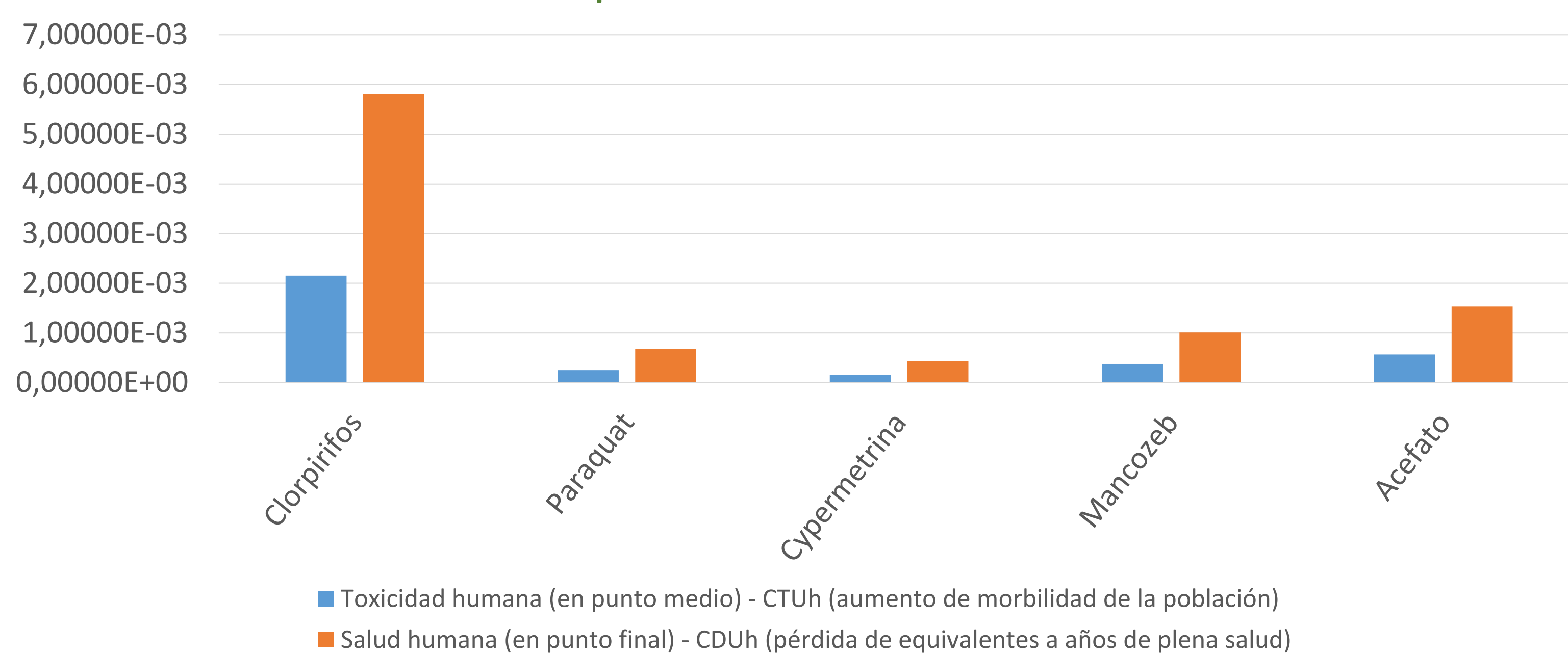


Figura 1. Impacto sobre la salud humana de los principales pesticidas usados en el Cantón Cuenca (Ecuador)

Ecotoxicidad como desaparición de organismos acuáticos

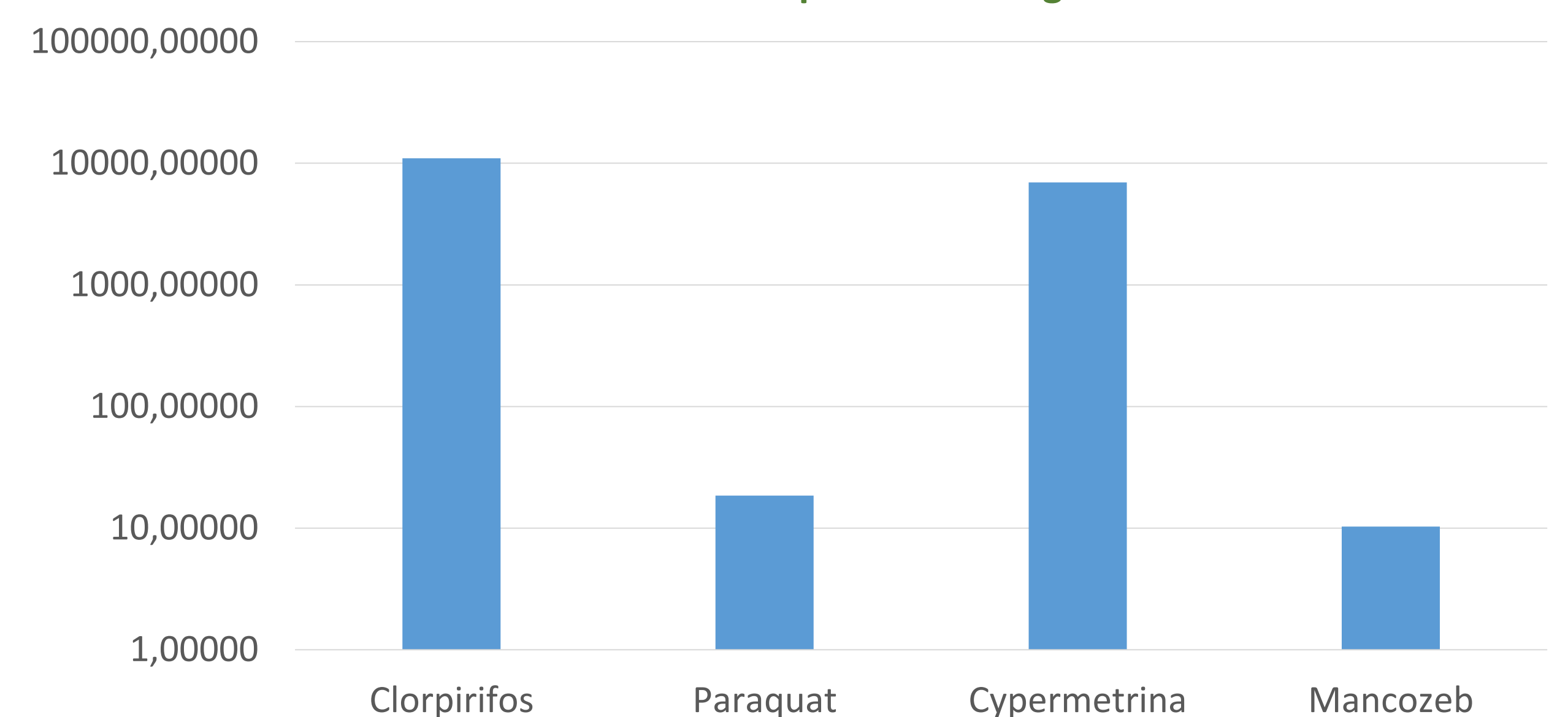


Figura 2. Impacto ecotoxicológico medido como desaparición de organismos acuáticos, de los principales pesticidas usados en el Cantón Cuenca (Ecuador), en escala logarítmica

## CONCLUSIONES

Este estudio destaca el impacto toxicológico y ecotoxicológico del uso de pesticidas en Cuenca, Ecuador. Se ha identificado al **clorpirifos** como el principal contribuyente a la toxicidad humana y ecotoxicidad, seguido por **acefato**, **mancozeb** y **paraquat**. El **clorpirifos**, con alta persistencia ambiental y efectos neurotóxicos, plantea graves riesgos para la salud y el ecosistema acuático, especialmente en el Parque Nacional Cajas, fuente de agua de la región. Es necesario sustituir los pesticidas de alto impacto, por alternativas menos tóxicas, además de promover el manejo integrado de plagas (MIP) y técnicas agroecológicas. Se recomienda la implantación de un marco regulatorio más estricto que limite el uso de pesticidas peligrosos, mejorar las políticas agrícolas, priorizando la salud pública y la protección ambiental.

## REFERENCIAS

[1] Soheilifard, F., Marzban, A., Ghaseminejad Raini, M., Taki, M., & Van Zelm, R. (2020). Chemical footprint of pesticides used in citrus orchards based on canopy deposition and off-target losses. *Science of The Total Environment*, 732, 139118. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139118>

[2] Fantke, P., Huijbregts, M., Margni, M., Hauschild, M., Jolliet, O., McKone, T., Rosenbaum & Dik van de Meent, R. (2015). USEtox 2.0 User Manual. Version 2. [https://usetox.org/sites/default/files/support-tutorials/USEtox\\_Manual.pdf](https://usetox.org/sites/default/files/support-tutorials/USEtox_Manual.pdf)

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la financiación recibida dentro del proyecto "Modelización del impacto de pesticidas basada en Inteligencia Artificial en relación al cambio climático (IMPESTIA) de la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR).