

Impacto de la normativa sobre PFA's en el manejo de resistencias a herbicidas

José María Montull

Universidad de Lleida

Los PFA's, compuestos fluorados, son comunes en todos los ámbitos y es conocido que su ingestión puede ser perjudicial para la salud. De hecho, podemos ver la etiqueta *PFC-Free* en muchos productos de uso cotidiano. Algo menos conocido es que en los últimos años está cambiando la normativa respecto a estos productos, en especial, la relativa a la contaminación de aguas. Por esto, en los procesos de reevaluación de productos fitosanitarios se está estudiando el potencial de generación de estos compuestos como metabolitos de degradación de varios ingredientes activos. Herbicidas recientemente cancelados como tritosulfuron o flufenacet son precursores de ácido trifluoroacetico (TFA), que es muy persistente y soluble en aguas, y otros, como el diflufenican, clave en el manejo de dicotiledóneas resistentes a ALS, está en el punto de mira porque en su proceso de degradación también se genera TFA. Este cambio regulatorio nos obligará a realizar un mejor manejo de las malas hierbas, minimizando la dependencia de activos con potencial de generación de TFA para minimizar el riesgo de contaminación de aguas y, por tanto, que sean rápidamente cancelados.

Las PFAS son un grupo de Sustancias Perfluoroalquiladas y Polifluoroalquiladas (del inglés *Per- and Polyfluoroalkyl Substances*). Son un gran grupo de agentes químicos sintéticos (más de 4.700) que se utilizan desde la década de 1940 en infinidad de productos de consumo y en la industria. Se caracterizan por su estabilidad, resistencia al calor y la capacidad para repeler agua y grasas. Por esto, se utilizan en revestimientos antiadherentes en cocina, papel y cartón resistente a las grasas, ropa impermeable, tratamientos antimanchas en mobiliario o incluso en espumas utilizadas para la extinción de incendios. Además, de esto, hay algunos fitosanitarios que, en su ingrediente activo, contienen grupos trifluorometilo (-CF3).

La principal vía de exposición a los PFA's es a través del agua potable contaminada y el consumo de alimentos contaminados. De hecho, es muy común leer *PFC-free* en muchos productos de consumo como sartenes y utensilios de cocina. Además, aunque no sea una vía de exposición prioritaria, también se están desarrollando líneas de ropa técnica PFC-free. Los principales efectos de la exposición a PFA's son los siguientes: sistema inmunitario debilitado, alteraciones hormonales y endocrinas, efectos en el desarrollo neonatal y la reproducción, riesgo incrementado de cáncer y daños hepáticos y renales.

El principal problema, desde el punto de vista del uso de los fitosanitarios, es que el enlace carbono-flúor es uno de los enlaces químicos más fuertes y estables, por esto se suelen llamar *químicos eternos*. Su degradación es prácticamente inexistente en la naturaleza y, por tanto, tienen tendencia a acumularse en suelos, aguas y, sobre todo, en agua subterránea, dado que son compuestos muy solubles en agua. Esta agua subterránea, en la mayoría de países de Europa, es la principal fuente de agua potable, lo que explica el interés de las autoridades europeas en el control y disminución de la contaminación por PFA's en Europa.

Normativa europea sobre PFA's

El principal cambio normativo de los últimos años es la entrada en vigor de los nuevos límites para dos parámetros clave: 'Suma de 20 PFAS' (PFAS-20), por el que se establece un valor paramétrico máximo de 0,10 µg/l para la suma de una lista de veinte PFAS específicos, y el 'Total de PFAS', por el que se establece un valor paramétrico máximo de 0,50 µg/l para el total de todos los PFAS. Estos valores entrarán en vigor el 12 de enero de 2026 para toda la UE, de acuerdo a la Directiva (UE) 2020/2184 sobre la Calidad de las Aguas Destinadas al Consumo Humano (Directiva de Agua Potable) (en España, el Real Decreto 3/2023 ya incluye los nuevos límites). Además, a propuesta de Alemania, Dinamarca, Países Bajos, Noruega y Suecia, se está planteando restringir todos los PFA's en aplicaciones "no esenciales".

Desde el punto de vista del uso de fitosanitarios, estos cambios reglamentarios vienen determinados por la obligación de las autoridades para monitorear PFA's como contaminantes de aguas y, además, aunque los ingredientes activos no siempre contienen PFA's, algunos de sus metabolitos de degradación pueden serlo. Por tanto, en los procesos de reevaluación se tiene que tener en cuenta este hecho y estudiarlo. Asimismo, también pueden contener PFA's algunas de las impurezas presentes en el proceso de fabricación de los productos.

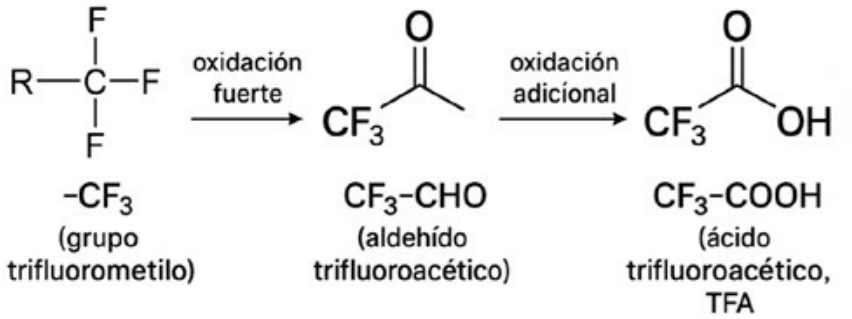


Figura 1. Procesos quimicos por los que se genera el Acido Trifluoroacetico.

Tabla 1. Herbicidas en revisión por la formación de TFA.

Sustancia Activa	Tipo de Plaguicida (Uso Principal)	Familia Química	Situación Regulatoria UE (Nov 2025)
Triflusulfuron-metilo	Herbicida (Remolacha)	Sulfonilurea	No Renovada: La aprobación expiró el 31 de diciembre de 2023
Oxifluorfen	Herbicida (Frutales, viñedos, hortalizas)	Difenil-éter	Aprobado
Fluometuron	Herbicida (Algodón, caña de azúcar)	Urea	Aprobado
Fluorocloridona	Herbicida (Patata, cereales)	Pirrolidona	Aprobado
Flufenacet	Herbicida (Cereales y patata)	Acetamida	Renovación No Aprobada: Decisión de la Comisión de no renovar por disruptor endocrino y riesgo ambiental.
Flazasulfuron	Herbicida (Perennes)	Sulfonilurea	Aprobado
Diflufenican	Herbicida (Cereales de invierno)	Nicotinanilida	Aprobado
Picolinafen	Herbicida (Cereales y arroz)	Piridil-carboxamida	Aprobado
Beflubutamida	Herbicida (Cereales)	Amida	Aprobado
Tembotrione	Herbicida (Maíz)	Triketona	Aprobado
Isoxaflutole	Herbicida (Maíz)	Isoxazol	Aprobado con Restricciones: Sujeto a condiciones estrictas para proteger el agua subterránea.
Fluazifop-p	Herbicida (perennes)	Fop's	Aprobado

Ingredientes activos potencialmente generadores de PFAs

El grupo trifluorometilo –(CF3), ya mencionado anteriormente, es un bloque de construcción químico muy común y valioso en la formulación de fitosanitarios, ya que aporta mejoras en la estabilidad y actividad de las moléculas, pero como hemos visto con anterioridad, es uno de los compuestos fluorados que pueden degradarse en Ácido Trifluoroacético (TFA), un tipo de PFAS.

En la Tabla 1 se muestran algunos de los herbicidas más relevantes actualmente y que están en revisión, que contienen el grupo -CF3 y que están bajo revisión precisamente por la formación de TFA.

Las evaluaciones y decisiones sobre estas sustancias se llevan a cabo en el marco del Reglamento (CE) n.º 1107/2009 (Reglamento de Fitosanitarios) y se basan en la opinión de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

Quizá el caso más llamativo es el del diflufenican (DFF), dado que se utiliza tanto en cultivos extensivos como en perennes y no muestra resistencias cruzadas con otros grupos químicos.

Situación. Actualmente está autorizado en la UE. Sin embargo, su proceso de renovación está en marcha y es objeto de un intenso escrutinio.

Preocupación Principal. Es un conocido precursor del TFA. Los informes presentados a la EFSA para la renovación han sido revisados, y se ha cuestionado si el herbicida cumple con los criterios de seguridad, especialmente en lo que respecta a la contaminación del agua subterránea por su metabolito TFA.

Perspectiva. Existe una alta probabilidad de que se enfrente a una no renovación o a una restricción severa de uso (por ejemplo, prohibición en áreas vulnerables) en el futuro cercano, siguiendo el camino del flufenacet.

El Reglamento de Fitosanitarios de la UE establece que si un metabolito ("relevante") contamina el agua subterránea por encima de 0,10 µ/L (el límite legal para PFAS), la sustancia activa original debe ser prohibida.

La EFSA ha reconocido el riesgo de contaminación por TFA en sus evaluaciones del diflufenican y ha identificado el TFA como un metabolito "relevante" debido a su extrema persistencia y a la evidencia sobre su toxicidad reproductiva.

En el caso del diflufenican, la EFSA ha solicitado repetidamente a la industria que proporcione datos completos sobre la concentración real de TFA en el agua subterránea resultante de su uso. Su situación ha sido tan crítica en Dinamarca que las autoridades no esperaron a la decisión final de la UE e incluyó productos con diflufenican (junto con flufenacet) en el grupo de 33 fitosanitarios retirados del mercado en 2024 y 2025 debido a su potencial de contaminación con TFA.

De hecho, incluso han llegado a prohibir la importación de prendas de ropa con compuestos precursores de PFAs dado que tienen problemas de contaminación de aguas subterráneas muy importantes y están limitando al máximo todas las posibles fuentes de contaminación.

Implicaciones en el manejo y la prevención de resistencias

Como podemos ver en la Tabla 1, todos los herbicidas inhibidores de la PDS (Fitoeno Desaturasa) autorizados en la UE a día de hoy: diflufenican, picolinafen y beflubitamida, son potencialmente generadores de PFA's; por tanto, en sus procesos de renovación se va a tener en cuenta la normativa con los límites de concentración de PFA's en agua legalmente establecidos. Así, existe el riesgo de que no se puedan renovar o que, en caso de hacerlo, las dosis autorizadas disminuyan.

Por tanto, este grupo de herbicidas, que generalmente se usan para el control de malas hierbas resistentes a los inhibidores de la ALS por no existir resistencias cruzadas se verán limitados.

Otros grupos afectados serían los inhibidores de la HPPD, como isoxaflutol y tembotriona, muy usados en maíz y los cuales tampoco muestran resistencias cruzadas con otros grupos.

Oxifluorfen, también utilizado en cultivos perennes, es un inhibidor de la PPO. En este caso, en una renovación anterior de la autorización ya se disminuyó la dosis máxima autorizada por hectárea y año por riesgo de contaminación de aguas.

En general, para todos los herbicidas de acción persistente, en caso de reducir las dosis de aplicación, el principal efecto será una reducción de la persistencia y también, una disminución de la eficacia en las especies menos sensibles.

Ante estas expectativas, habría que plantear ya el trabajar con estrategias que minimicen el riesgo de contaminación de aguas con todo tipo de herbicidas, ajustando las dosis aplicadas realmente al tipo de suelo, con aplicaciones variables y utilizando la sensórica disponible ya en el campo con un objetivo claro: aplicar en cada punto de la parcela la dosis mínima de fitosanitarios, pero siempre asegurando la eficacia.

Más información

https://www.efsa.europa.eu/en/topics/per-and-polyfluoroalkyl-substances-pfas

https://www.umweltbundesamt.de/en/publikationen/reducing-the-input-of-chemicals-into-waters

https://www.eea.europa.eu/es/highlights/las-sustancias-quimicas-eternas-se