

Ministerio
de **Salud**
Costa Rica



MINAE
Ministerio de Ambiente y Energía



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

INFORME TÉCNICO

CLOROTALONIL

Este informe se enfoca en la problemática del uso del plaguicida clorotalonil y sus metabolitos en Costa Rica, contiene la recomendación de prohibir su uso en el país. Se menciona la posibilidad de sustituir el clorotalonil por biopesticidas o controladores biológicos. Se destaca la importancia de considerar la salud ambiental y humana en cualquier plan de acción que se establezca.

14 de abril 2023

Equipo técnico: Albin Badilla Mora, María José Lafuente González, Anthony Monge Ortega, Diana Vindas Corrales, Monica Fuentes Mendoza; funcionarios del Ministerio de Salud. David Cambronero Bolaños, Nuria Alfaro Herrera, Luis Zúñiga Zúñiga; funcionarios del Laboratorio Nacional de Aguas, AyA. Carlos Mora Batista, Manuela Mata Zúñiga; funcionarios del Ministerio de Ambiente y Energía.

Contenido

Antecedentes	2
Marco regulatorio	3
Información general del Clorotalonil	5
Características y usos del clorotalonil	5
Descripción de los metabolitos del Clorotalonil	6
Efectos negativos del clorotalonil en el ambiente	8
Estado regulatorio y hallazgos en la Unión Europea y Suiza.....	10
Comportamiento en el suelo.....	11
Comportamiento en el agua y toxicidad acuática:.....	13
Toxicidad en mamíferos:	13
Toxicidad en aves:	13
Residuos en alimentos y ambiente:	13
El clorotalonil y la salud humana	14
Datos de agencias internacionales.....	17
Los metabolitos del clorotalonil y riesgos para la salud humana	18
Contaminación con metabolitos del clorotalonil en Oreamuno de Cartago	19
Alternativas al uso del Clorotalonil	22
Sustitución por otros plaguicidas	22
Capacitación y Fiscalización	23
Biopesticidas y controladores biológicos	23
Brechas de información	24
Conclusiones	25
Recomendaciones	28
Bibliografía	30

Antecedentes

En el año 2021 el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET) de la Universidad Nacional realizó pruebas en el agua del acueducto comunal ASADA Cipreses encontrándose de manera presuntiva y no confirmada niveles de moléculas derivadas del plaguicida Clorotalonil, específicamente el 1,3-dicarbamoil-2,4,5,6-tetraclorobenceno y el 4-hidroxiclorotalonil. Mediante el oficio PRE-2022-00529 el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados declaró que no contaba con los insumos, equipos y reactivos para realizar las determinaciones analíticas; por este motivo se inició un proceso de articulación con el IRET y el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) para que ambos laboratorios realizaran muestreos y análisis en conjunto para poder obtener resultados concluyentes.

Para noviembre del 2022 existe un cierre para consumo humano por parte del Ministerio de Salud de siete nacientes en los acueductos ASADA Cipreses y Santa Rosa de Oreamuno; esta situación mantiene a los vecinos con abastecimiento de agua potable por medio de camiones cisterna.

Entre las acciones más relevantes ejecutadas a nivel local, el ARS de Oreamuno ha girado órdenes sanitarias para el respeto adecuado de los márgenes de protección de las nacientes, así como la ejecución de estudios hidrogeológicos y delimitación de las nacientes utilizadas. Es importante mencionar que los alrededores de las nacientes afectadas están siendo explotados intensamente por actividades agrícolas donde el Ministerio de Agricultura y Ganadería tiene competencias en el buen uso adecuado de agroquímicos, así como en el monitoreo y fiscalización.

Con respecto a las acciones de vigilancia y control se presenta un problema con respecto a los metabolitos del clorotalonil ya que los laboratorios nacionales encargados de apoyar y asesorar al Estado Costarricense en estos temas como lo son el Laboratorio Nacional de Aguas (AyA) y el Laboratorio de Residuos de Plaguicidas del Servicio Fitosanitario del Estado (MAG) no cuentan con la capacidad instalada para realizar mediciones sistémicas y periódicas de estos metabolitos, imposibilitando acciones de monitoreo, levantamiento de líneas base de calidad, seguimiento de planes correctivos e indicadores de contaminación.

En el año 2022, a través del oficio DIGECA-563-2022, la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA) manifestó que el clorotalonil es una molécula con alta peligrosidad en especial para organismos acuáticos, además que se encuentra bien documentado el peligro que representan sus

metabolitos por su potencial de contaminar aguas tanto superficiales como subterráneas, por lo tanto solicita tomar medidas urgentes y necesarias a fin de resguardar los bienes constitucionales como lo son la salud humana, la biodiversidad y el ambiental.

Marco regulatorio

En Costa Rica el tema de agua potable se regula desde la Ley No. 5395 “Ley General de Salud” donde se prohíbe la contaminación de esta en los artículos 273 y 275. Asimismo, se debe tomar en cuenta el Decreto Ejecutivo N°38924-S “Reglamento para la calidad de agua potable” establece los valores máximos admisibles para residuos de plaguicidas, el cual, es correspondiente con el marco normativo de la Unión Europea. De acuerdo con este reglamento, el valor máximo admisible (VMA) de plaguicidas en agua potable es de 0.1 µg/l, para un plaguicida individual, y 0.5 µg/l para la suma de diversos plaguicidas.

A nivel nacional existe un amplio marco jurídico de protección al ambiente y el derecho que tiene todo ciudadano a gozar de él, en ese sentido, los artículos 21, 46 y 50 de la Constitución Política; artículos 11, 49, 50, de la Ley de Biodiversidad y sus reformas, Ley N° 7788 de 30 de abril de 1992; artículo 28 al 33 siguientes y concordantes de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos y sus reformas, Ley N° 7779 de 30 de abril de 1998; artículo 2 de la Ley Orgánica del Ministerio de Ambiente y Energía, Ley N° 7152 de 5 de junio de 1990; artículos 1, 2, 3, 4, 50, 51, 52 inciso d), 53, 59, 60, de la Ley Orgánica del Ambiente.

Ley N° 7554 del 04 de octubre de 1995 y artículos 31 y 32 de la Ley de Aguas, Ley N° 276 del 27 de agosto de 1942; y artículo 33 de la Ley Forestal, Ley N° 7575 del 13 de febrero de 1996.

La Sala Constitucional en reiteradas ocasiones ha reconocido que la salud pública y el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado se encuentran reconocidos tanto a nivel constitucional como a través de la normativa internacional. Se ha indicado que el ejercicio legítimo de ese derecho requiere que los recursos sean utilizados de manera racional, y que corresponde al Estado la protección del ambiente, según el principio precautorio que rige en materia ambiental. Este principio obliga al Estado a disponer todo lo que sea necesario, dentro del ámbito permitido por la ley, a efectos de impedir que se produzcan daños irreversibles al ambiente, para cuyo efecto es responsable de lograr las condiciones sociales propicias a fin de que cada persona pueda disfrutar de su salud, entendido este derecho como una situación de bienestar físico, psíquico (o mental) y social (véase en ese sentido la Sentencia N° 180-98 de las 16:24 horas del 13 de enero de 1998).

Asimismo, la Sala Constitucional en Resolución N° 2011016937 manifestó:

“(…) Esta Sala ha reconocido de forma reiterada que, como parte de las obligaciones primarias y fundamentales del Estado, está el deber de respetar, proteger y garantizar el derecho fundamental a la salud de sus habitantes (P. ej.: sentencias 1992-1915 de las 14:12 horas del 22 de julio de 1992, 2004-10039 de las 14:39 horas del 13 de setiembre del 2004 y 2008-001003 de las 14:56 horas del 23 de enero del 2008). Recientemente, con el fin de garantizar un nivel más elevado de protección, la Sala ha reconocido al derecho fundamental a la salud su carácter de derecho fundamental autónomo (Se puede citar, al efecto, la sentencia número 2011-02932 de las 15:47 horas de 22 de marzo de 2011. En este mismo sentido, sentencias número 2011-007768 de las 19:54 horas del 14 de junio del dos mil once y número 2011-008876 de las 15:01 horas del 5 de julio del 2011). Por otra parte, esta Sala también ha reconocido y garantizado un nivel elevado de protección al derecho fundamental a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Incluso, antes que se reformara el artículo 50 de la Constitución Política. Mediante Ley de reforma constitucional número 7412 del 3 de junio de 1994, se adicionaron dos párrafos al artículo 50 de la Constitución Política, a fin de reconocer expresamente el derecho fundamental de toda persona a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como el deber del Estado costarricense de garantizar, defender y preservar ese derecho. (En cuanto al contenido y alcances del referido derecho fundamental, véase la sentencia número 2006-17126 de las 15:05 horas del 28 de noviembre del 2006) (...).”

“(…) El derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado otorga una protección especial a la biodiversidad y las aguas subterráneas, razón por la cual y en aplicación del principio precautorio en materia ambiental, las actividades económicas con impacto ambiental deben ser autorizadas cuando exista certeza científica de que ese impacto no implique un riesgo o amenaza de daño permanente e irreversible al ambiente. Es por esta razón que la administración debe realizar en los casos que así se amerite, la evaluación ambiental mediante los instrumentos que estime pertinentes, evaluación que debe ser compartida públicamente con la población afectada, para que luego de un análisis riguroso y detallado la administración emita de manera fundamentada la viabilidad ambiental correspondiente. La desatención e inobservancia de estos aspectos definidos normativa y jurisprudencialmente, deviene en la vulneración del referido derecho a un ambiente sano, por lo que las actuaciones administrativas así dispuestas resultan igualmente violatorias de este derecho fundamental (Ver, entre otras, sentencias de esta Sala números 5893-95, 5445-99, 2001-6503, 2003-6322, 2004-13414, 2006-7994, 2010-6922). Se concluye, de esta forma, que del Derecho de la Constitución se deriva, de forma incontestable, el poder-deber del Estado

costarricense de procurar por la tutela efectiva y oportuna de la salud pública y del derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, elevando el nivel de vida de la población (...)

Información general del Clorotalonil

Según el estudio realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), “Uso Aparente de Plaguicidas en Costa Rica”, el clorotalonil es el cuarto plaguicida más utilizado en el país, con un promedio de 861 mil kilogramos por año, se cuentan con 983 registros en el país, 586 registros comerciales para su uso en hortalizas (E, Vargas. 2022).

Características y usos del clorotalonil

El Clorotalonil es un fungicida no sistémico de amplio espectro que ha estado disponible en el mercado desde 1966 en los Estados Unidos (1). Su composición química, que se expresa mediante la fórmula $C_8Cl_4N_2$, , N° CAS: 1897-45-6, lo clasifica en el grupo químico de benzonitrilos clorados, y es el ingrediente activo de diversas formulaciones como el Azote Clorotalonil, Biomil o Thalonex. En cuanto a su modo de acción, es importante resaltar que se trata de un fungicida foliar no sistémico, de contacto y protector. (3).

Con respecto a la estabilidad del Clorotalonil, el IRET documenta en su sitio web “Manual de Plaguicidas de Centroamérica”, en la sección de Características generales:

Estabilidad: estable a temperatura ambiente, a luz UV, en medios acuosos medianamente ácidos o alcalinos; lenta hidrólisis a pH >9. Y con respecto a su comportamiento ambiental se documentan los siguientes datos:

Solubilidad en agua: baja.

Persistencia en el suelo: alta a no persistente.

Movilidad en el suelo: ligera a inmóvil (arcilla).

Persistencia en agua sedimento: menos persistente

Volatibilidad: no volátil.

Bioacumulación: ligera.

El clorotalonil es altamente persistente en el medio ambiente, lo que puede tener impactos negativos. En el suelo, su degradación depende de factores como la temperatura, el pH y la

presencia de microorganismos. Tiene bajo potencial de lixiviación, lo que significa que tiene una baja capacidad para moverse a través del suelo (UNA, s.f).

Descripción de los metabolitos del Clorotalonil

Un metabolito es una molécula que se produce como resultado del metabolismo o degradación de otra molécula. En el contexto de los plaguicidas y otros productos químicos, los metabolitos son compuestos que se forman cuando el plaguicida original se degrada en el medio ambiente o en un organismo vivo, como una planta o un animal. Estos metabolitos pueden ser más o menos tóxicos que el plaguicida original y pueden persistir en el medio ambiente durante períodos de tiempo más largos. Debido a su capacidad para afectar la salud humana y el medio ambiente, los metabolitos son un aspecto importante de la evaluación de riesgos de los plaguicidas y otros productos químicos (EPA, 2010 & OMS, 2009).

Los metabolitos del Clorotalonil son un grupo de compuestos que presentan una amplia gama de propiedades físico-químicas. Este plaguicida puede degradarse en varios metabolitos diferentes, los cuales se pueden clasificar en tres grupos: ácidos sulfónicos, fenoles y ácidos carboxílicos. Según los documentos relacionados con la aprobación del Clorotalonil como plaguicida, se han identificado más de 20 metabolitos hasta la fecha. (Hintze et al., 2021)

En la figura 1 se pueden observar las vías de degradación bioquímica más importantes del Clorotalonil en el suelo basadas en términos de ocurrencia de aguas subterráneas. La vía de degradación que conduce a los ácidos carboxílicos no se muestra en esta figura. (Hintze et al., 2021)

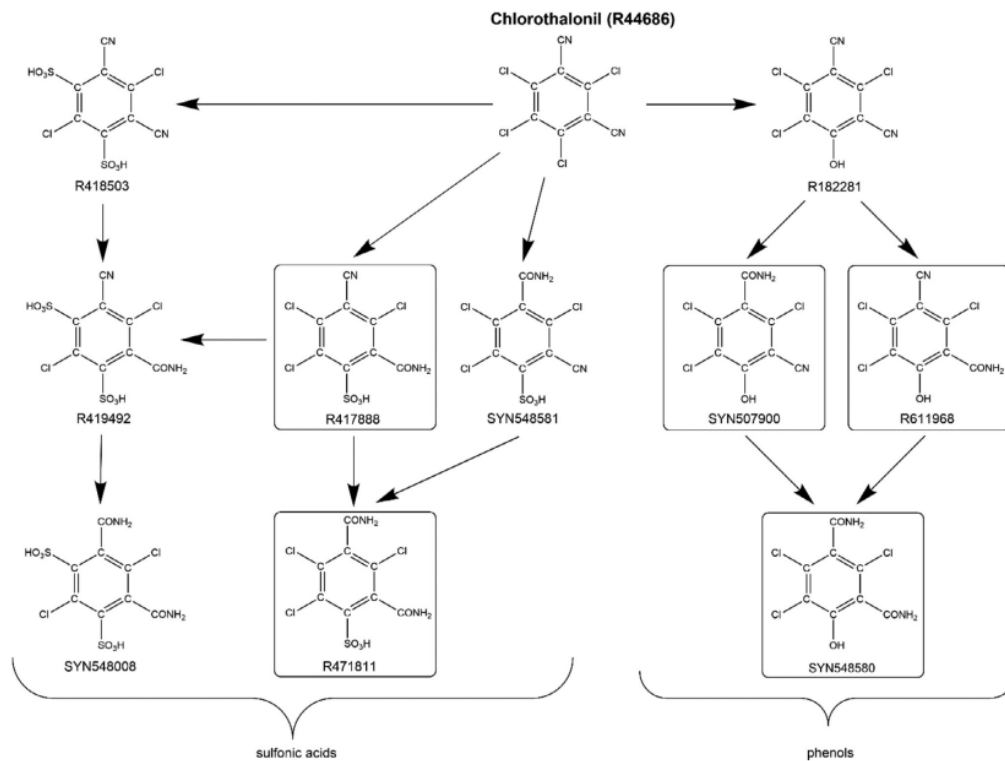


Figura 1. Principales vías de degradación bioquímica del Clorotalonil y metabolitos producidos (1)

El metabolito primario (producto de degradación) del Clorotalonil es 4-hidroxi-2,5,6-tricloroisoftalonitrilo, conocido también como 4-hidroxiclorotalonil; cuyo número de referencia es R182281, el cual se puede observar en la figura 2. Se encuentra en el suelo, las plantas y los animales durante la descomposición del Clorotalonil. Otro producto de degradación formado en el suelo, también mostrado en la figura 2, es el m-ftalodinitrilo (Cox, 1997).

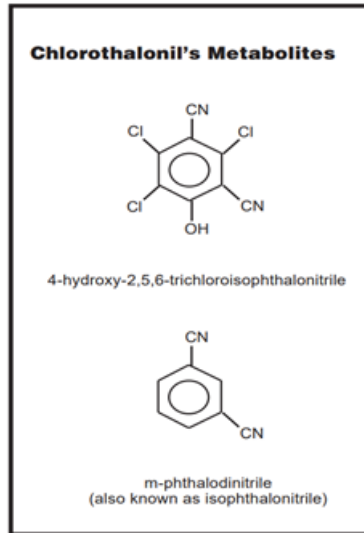


Figura 2. Metabolitos del Clorotalonil (2)

Según el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas de la Universidad Nacional (IRET), el metabolito 4-hidroxi-2,5,6-tricloro-isoftalonitrilo (4-hidroxiclorotalonil - R182281) es medianamente móvil en el suelo y persistente, lo que significa que puede lixiviar. Asimismo, el ácido 3-carbamil-2,4,5-triclorobenzoico también es medianamente móvil y persistente. Es importante destacar que el clorotalonil y otros productos fungicidas pueden contener impurezas, como el hexaclorobenceno (HCB), que se clasifica como un metabolito. La degradación del HCB en el suelo depende de la temperatura y la presencia de microorganismos. Tiene un bajo potencial de lixiviación y es estable a la fotólisis en el agua, pero es muy persistente a la hidrólisis (UNA, s.f).

Efectos negativos del clorotalonil en el ambiente

La preocupación por la presencia de plaguicidas en el agua potable ha sido creciente, la DIGECA, ha emitido dos informes técnicos sobre el Clorotalonil en respuesta a las detecciones de metabolitos de este plaguicida en nacientes utilizadas por comunidades para consumo humano durante el año 2022. A continuación, se extrae un resumen de dichos informes con diferentes aspectos ambientales relacionados con este plaguicida:

El Clorotalonil es de preocupación por sus características de toxicidad para organismos acuáticos, toxicidad moderada para aves, abejas y lombrices de tierra. Así mismo, genera preocupación su potencial de bioacumulación en mamíferos.

De acuerdo con EFSA, el plaguicida Clorotalonil y sus metabolitos son catalogados como de un alto riesgo para los anfibios y los peces en todos los usos evaluados.

Cuadro 1. Recopilación de información eco toxicológica de la Clorotalonil

Parámetro	<u>Resultado</u>	Clasificación de peligrosidad
Toxicidad aguda para aves	DL50 = > 2000 mg/kg (Coturnix japonica)	Baja
Reproducción para aves	NOEL50= 58.2 mg/kg peso/día) (Colinus virginianus)	Moderada
Toxicidad aguda para pez	LC50= 0.017 mg/l (O. mykiss)	Altamente Tóxico
Reproducción en pez	NOEC = 0.0014 mg/l (Pimephales promelas)	Altamente Tóxico
Toxicidad aguda para invertebrados acuáticos	EC50 de 0.054 mg/l (D. magna)	Altamente Tóxico
Toxicidad crónica para invertebrados acuáticos	NOEC = 0.009 mg/l I. (D. magna)	Altamente Tóxico
Efectos sobre algas	EbC50 = 0.13 mg/l (Navicula peliculosa)	Moderado
Toxicidad para A. mellifera	DL50 de > 101 (contacto) y > 63 (oral) µg/abeja.	Leve (contacto) Moderado(Oral)
Toxicidad para lombriz	LC50= 268.5 mg/kg	Moderada

Cuadro 2. Recopilación de información ecotoxicológica del metabolito 4-hidroxiclorotalonil detectado en aguas de Cipreses de Oreamuno, Cartago

Parámetro	Resultado	Clasificación de peligrosidad
Toxicidad aguda para aves	DL50 = > 242 mg/kg (Colinus virginianus)	Moderada
Toxicidad aguda para mamíferos	DL50 = > 50 mg/kg (rata)	Altamente Tóxico
Toxicidad aguda para pez	LC50= 9,1 mg/l (O. mykiss)	Moderada
Toxicidad aguda para invertebrados acuáticos	EC50 96 horas= 19 mg/l (Mysidopsis bahia)	Moderada
Efectos sobre algas	EbC50 = 13000 mg/l (Pseudokirchneriella subcapitata)	Leve
Toxicidad para lombriz	LC50= 585 mg/kg (Eisenia foetida)	Moderada

Estado regulatorio y hallazgos en la Unión Europea y Suiza

El clorotalonil es un plaguicida del tipo fungicida que ha sido prohibido recientemente en la Unión Europea debido a que es cancerígeno y por su potencial para contaminar aguas subterráneas con metabolitos de su degradación, lo anterior se ha evidenciado con la contaminación de numerosas fuentes de agua. Se ha registrado que los metabolitos de mayor prevalencia asociados a la contaminación de aguas son R471811, R419492, R417888, mientras que los compuestos fenólicos de la degradación del clorotalonil (SYN507900, SYN548580, R611968) se presentan frecuentemente, pero en menor grado que los anteriores, estos metabolitos comprometen las zonas de recarga de acuíferos. Suiza categorizó al clorotalonil como cancerígeno tipo 1B. Aunque el clorotalonil ha sido prohibido recientemente en Europa, se espera que los metabolitos continúen siendo un desafío para agua bebible durante muchos años debido a su persistencia en el medio ambiente. Pese a que en Suiza se han realizado técnicas de saneamiento de aguas de consumo humano contaminadas, la eficacia de estos sistemas para sanear aguas con clorotalonil y sus metabolitos no ha sido correctamente evaluada (Kiefer K. 2020).

En 2017, los campesinos suizos emplearon 2 025 toneladas de plaguicidas. De ellos, 2%, o 45 toneladas, contenían el ingrediente activo clorotalonil. Al realizar análisis al agua potable de por lo menos un tercio de los 26 cantones de Suiza, en su mayoría en la parte central del país, contiene niveles superiores a los recomendados del plaguicida en cuestión. Los medios de comunicación

pública suiza, SRF, informó de que se habían detectado subproductos del clorotalonil en las aguas subterráneas a niveles superiores a las normas legales establecidas para el agua potable en 12 cantones suizos, principalmente en la región de la meseta central. Los datos procedían de la Oficina Federal del Medio Ambiente. La dependencia gubernamental indicó que los niveles de clorotalonil en el agua potable excedían los niveles aprobados por un factor de diez en determinados lugares. La oficina de agricultura de ese país ha establecido un valor máximo para los subproductos del clorotalonil en el agua potable de 0,1 microgramos por litro (swissinfo.ch 2022).

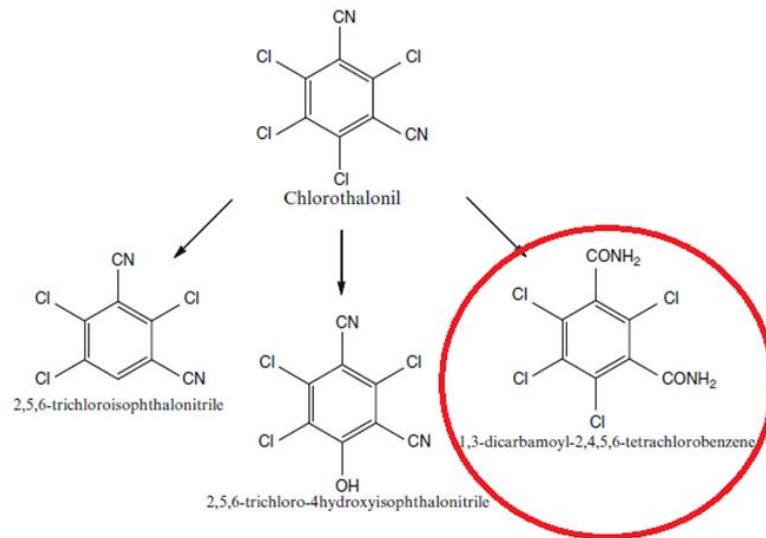
Otros muestreos realizados en Suiza han detectado metabolitos de clorotalonil en aguas superficiales del río Rhine a 53 ng/L, Lago Zúrich a 5 ng/L, y hasta existen registros en agua embotellada marca Evian®water a 6 ng/L (Kiefer K. 2020).

Comportamiento en el suelo

El clorotalonil es afín y tiende a fijarse en suelos con alto componente arcilloso y con buenos contenidos de materia orgánica, sin embargo, tiende a ser más móvil en suelos arenosos. Siendo la vida media de esta molécula mayor en suelos arenoso con mayor probabilidad de encontrar concentraciones en aguas subterráneas. En el suelo se genera como principal metabolito el 4-hidroxiclorotalonil el cual es más persistente que el clorotalonil (April R. 2014).

La vía de degradación bioquímica es la más importante para el clorotalonil en el suelo, siendo el metabolito R611968 cuantificable en el 72 % de las muestras de suelo. Los metabolitos de clorotalonil SYN507900 (16 de 40 muestras), R417888 (21 de 40 muestras) y SYN548580 (14 de 40 muestras) fueron cuantificables en 35 muestras de suelo. Las concentraciones medianas de los metabolitos del clorotalonil oscilaron entre 0,81 y 2,1 µg/kg (todos valores por encima del LOQ). El metabolito R611968 tiene un K_{foc} de 78 mL/g, el coeficiente de sorción más alto entre los metabolitos de clorotalonil. El coeficiente de sorción de SYN507900 (15,74 mL/g), R417888 (8,34 mL/g) y SYN548580 (15,74 mL/g) son intermedios. Por lo tanto, cuanto mayor sea el coeficiente de sorción, mayor será la frecuencia de detección observada por encima de los límites cuantificables (LOQ) en el suelo. (Hintze, S. 2021).

Compound name	Soil conditions	Metabolite
4-hydroxychlorothalonil	Aerobic	Major
Methylthiochloroisophthalonitrile	Aerobic	Major
3-carbamyl-2,4,5-trichlorobenzoic acid	Aerobic acidic	Major
3-cyano-2,3,4,5,6-tetrachlorobenzoamide	Aerobic acidic	Major
Trichloroisophthalonitrile	Aerobic	Minor
m-phthalonitrile	NA	Breakdown product



Sin embargo, según indica April R. 2014, bajo ciertas condiciones de suelo existen metabolitos de mayor formación a partir de la degradación del clorotalonil, tal es el caso del 4-hidroxiclorotalonil - R182281 que bajo condiciones aeróbicas en suelo predomina su aparición, y el 1,3-dicarbamoyl-2,4,5,6-tetrachlorobenzeno que bajo condiciones aeróbicas ácidas se da una alta formación. Ambos son los metabolitos encontrados en las aguas de consumo humano de la zona de Cipreses de Oreamuno en Cartago.

El 4-hydroxy-2,5,6-trichloroisophthalonitrile cuyo sinónimo es 4-hidroxiclorotalonil - R182281 (reportado en las aguas de Cartago) es reconocido como el metabolito de clorotalonil de mayor preocupación en muestreos medio ambientales, siendo más persistente, móvil y tóxico que el propio clorotalonil. El mejor método para cuantificarlo es la cromatografía líquida (Chaves A. 2008).

Según cymitquimica.com, este metabolito ostenta las siguientes categorías de peligrosidad:

- Frases H:**
- H301:** Tóxico en caso de ingestión.
 - H317:** Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
 - H318:** Provoca lesiones oculares graves.
 - H330:** Mortal en caso de inhalación.
 - H335:** Puede causar irritación respiratoria.
 - H351:** Se sospecha que provoca cáncer.
 - H400:** Muy tóxico para los organismos acuáticos.
 - H410:** Muy tóxico para los organismos acuáticos con efectos nocivos duraderos.
 - H825:** H825

Comportamiento en el agua y toxicidad acuática:

Pese al bajo potencial de lixiviación que tiene la molécula de clorotalonil, estudios realizados en campos de golf y maní en USA, han evidenciado concentraciones en cuerpos de agua que pueden causar daños a peces e invertebrados acuáticos, cuando las aplicaciones se asocian a periodos de lluvias. (April R. 2014).

Clorotalonil se ha encontrado que es altamente tóxico para muchas especies acuáticas. Por ejemplo, es altamente tóxico para peces (*Pimephales promelas*) y algo menos tóxico para *Daphnia magna* y camarón (*Penaeus duorarum*) (April R. 2014). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el clorotalonil es especialmente tóxico para los peces y los invertebrados acuáticos (swissinfo.ch 2022).

Toxicidad en mamíferos:

El clorotalonil como tal tiene una baja toxicidad en mamíferos, sin embargo, productos de degradación como el 4-hidroxiclotalonil presenta una toxicidad mucho más aguda que el compuesto parental, manifestándose además a nivel reproductivo y cancerígeno (April R. 2014). La exposición al agente puede causar daños renales y estomacales en los roedores, incluidos tumores (swissinfo.ch 2022).

Toxicidad en aves:

Similar a lo que ocurre en mamíferos la toxicidad del clorotalonil es baja en aves sin embargo el metabolito 4-hidroxiclotalonil muestra mayor toxicidad: LD₅₀ de 158 mg/kg (April R. 2014).

Residuos en alimentos y ambiente:

Estudios realizados en arándanos muestran residuos de metabolitos del clorotalonil tales como 4-hidroxiclotalonil y 1,3-dicarbamoil-2,4,5,6-tetrachlorobenzene, hasta 76 días posteriores a la aplicación (April R. 2014).

Apenas en el año 2019, un grupo de investigadores Suizos informó sobre los productos de transformación del clorotalonil en el medio ambiente. Para las ciencias de la medición, tales estudios son un triunfo dado que se muestra el avance de la analítica moderna en técnicas que pueden identificar y cuantificar el destino de micro contaminantes en sistemas acuáticos complejos.

El clorotalonil y la salud humana

Según Agricultural & Environmental Research Unit (Lewis, K *et al*; 2016) el clorotalonil tiene ciertas propiedades que generan preocupaciones a la salud humana, además de poseer un alto umbral de preocupación toxicológica que es un indicador simple de toxicidad útil para evaluar productos químicos cuando hay pocos datos de toxicidad disponibles, en el cuadro 3 se puede observar un resumen de los datos obtenidos.

Cuadro 3. Recopilación general de las características tóxicas de preocupación para la salud humana del clorotalonil.

Parámetro	Resultado	Fuente de información
Umbral de Preocupación Toxicológica (Clase Cramer)	Alto (Clase III)	-
Mamíferos - DL ₅₀ oral aguda (mg kg ⁻¹)	Mas de 5000	EFSA (Regulación Europea)
Mamíferos - DL ₅₀ dérmica (mg kg ⁻¹ de peso corporal)	5000	EFSA (Regulación Europea)
Mamíferos - LC ₅₀ inhalación (mg l ⁻¹)	0,1	EFSA (Regulación Europea)
ADI - Ingesta Diaria Aceptable (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,015	EFSA (Regulación Europea)
ARfD - Dosis de Referencia Aguda (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,05	EFSA (Regulación Europea)
AAOEL - Nivel de Exposición Aguda Aceptable para el Operario (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,01	EFSA (Regulación Europea)
AOEL - Nivel de Exposición del Operario Aceptable - Sistémico (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,003	EFSA (Regulación Europea)

Además, el clorotalonil crea preocupaciones significativas para la salud de los individuos ya que se encuentra categorizado en el grupo 2B como probable carcinógeno humano según la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC con sus siglas en inglés) también presenta preocupaciones para la salud por su posibilidad de ser un perturbador endocrino y generar efectos en el desarrollo embrionario. En el cuadro 4 se puede observar una recopilación de las principales

preocupaciones para la salud recopiladas de Agricultural & Environmental Research Unit (Lewis, K *et al*; 2016)

Cuadro 4. Recopilación específica de las preocupaciones y problemas a la salud que genera el clorotalonil.

Preocupaciones a la salud	Cancerígeno	Genotóxico	Perturbador endocrino
	Sí, conocido causante de preocupación	No hay información	Sí, conocido causante de preocupación
	Efectos reproductivos y del desarrollo	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Neurotóxico
	Sí, conocido causante de preocupación	No es causante de preocupación	No es causante de preocupación
	Irritante del tracto respiratorio	Irritante dérmico	Sensibilizador en piel (Alergia)
	Sí, conocido causante de preocupación	Sí, conocido causante de preocupación	Sí, conocido causante de preocupación
	Irritante ocular	Fototóxico	
	Sí, conocido causante de preocupación	No es causante de preocupación	
Problemas generales de salud humana	Puede causar dermatitis de contacto Carcinógeno del grupo 2B de la IARC; USEPA - probable carcinógeno humano, se ha demostrado la formación de tumores en ratones después de la ingestión Problemas endocrinos - Activación de la proliferación de células sensibles a los andrógenos		

De acuerdo con la base de datos internacional para la evaluación y gestión del riesgo de plaguicidas creada por Lewis et al. (2016) se encuentra poca información relevante en relación con el metabolito 4-hidroxiclorotalonil, que se ha encontrado en aguas para consumo humano de Cartago, sin embargo como se muestra en el Cuadro 5 este metabolito presenta una toxicidad aguda mayor en mamífero con respecto a su molécula original. Adicionalmente presenta una Dosis de Referencia Aguda menor en comparación con la dosis del clorotalonil.

Cuadro 5. Recopilación general de las características tóxicas de preocupación para la salud humana del 4-hidroxiclorotalonil, metabolito encontrado en aguas de consumo humano, Costa Rica.

Parámetro	Resultado	Fuente de información
Umbral de Preocupación Toxicológica (Clase Cramer)	No info	-
Mamíferos - DL ₅₀ oral aguda (mg kg ⁻¹)	Más de 50 (Alta)	EFSA (Regulación Europea)
Mamíferos - DL ₅₀ dérmica (mg kg ⁻¹ de peso corporal)	No info	
Mamíferos - LC ₅₀ inhalación (mg l ⁻¹)	No info	
ADI - Ingesta Diaria Aceptable (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,01	EFSA (Regulación Europea)
ARfD - Dosis de Referencia Aguda (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	0,01	EFSA (Regulación Europea)
AAOEL - Nivel de Exposición Aguda Aceptable del Operario (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	No info	
AOEL - Nivel de Exposición del Operario Aceptable - Sistémico (mg kg ⁻¹ peso corporal día ⁻¹)	No info	

Preocupa la falta de información sobre los metabolitos del clorotalonil y, por consiguiente, del 4-hidroxiclorotalonil. En la base de datos internacional para la evaluación y gestión del riesgo de plaguicidas creada por Lewis et al. (2016), se indica que el 4-hidroxiclorotalonil no tiene evidencia de causar cáncer, pero existe una alerta a la salud ya que no hay estudios que comprueben lo contrario. La preocupación también se extiende a otras patologías, ya que los efectos de los metabolitos del clorotalonil en el cuerpo humano son desconocidos.

Como se muestra en el Cuadro 6 existen preocupaciones sobre posibles efectos tóxicos del clorotalonil y sus metabolitos en el riñón y la médula ósea.

Cuadro 6. Recopilación específica de las preocupaciones y problemas a la salud que genera del 4-hidroxiclorotalonil, metabolito encontrado en aguas de consumo humano, Costa Rica.

Preocupaciones a la salud	Cancerígeno	Genotóxico	Alterador endocrino
	No se encontró evidencia	No hay información	No se encontró información
	Efectos reproductivos y del desarrollo	Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Neurotóxico
	No se encontró información	No se encontró información	No se encontró información
	Irritante del tracto respiratorio	Irritante dérmico	Sensibilizador en piel (Alergia)
	No se encontró información	No se encontró información	No se encontró información
	Irritante ocular	Fototóxico	
	No se encontró información	No se encontró información	
Problemas generales de salud humana	Tóxico para el hígado y los riñones Puede causar pérdida de peso y anemia Puede dañar la médula ósea		

Datos de agencias internacionales

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) clasifica el Clorotalonil como un posible carcinógeno humano y un posible agente tóxico para la reproducción y el desarrollo. Además, la exposición a este compuesto puede causar irritación en la piel, los ojos y las vías respiratorias, así como náuseas, dolor de cabeza y mareos. La EPA ha establecido límites máximos de residuos para el Clorotalonil en los alimentos para minimizar la exposición del consumidor. También se han establecido medidas de seguridad para su uso en la agricultura para minimizar la exposición de los trabajadores y los residentes cercanos.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) es una agencia de la Unión Europea que tiene como objetivo proteger la salud pública en relación con la alimentación y los pastos, la EFSA realiza evaluaciones científicas de los riesgos asociados a los alimentos y pastos, y proporciona asesoramiento y orientación a los responsables de la toma de decisiones en la Unión Europea.

En 2019, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) elaboró un informe dirigido a la Comisión Europea para prohibir el uso del clorotalonil en todas sus formas. Este informe se basó en un estudio exhaustivo de las características y preocupaciones relacionadas con este fungicida. **La EFSA concluyó que había problemas críticos en cuanto a la contaminación de las aguas subterráneas por los metabolitos del clorotalonil. En todos los escenarios pertinentes para los usos propuestos, se prevé que los metabolitos estarán por encima del valor paramétrico de 0,1 µg/l.** Por lo tanto, no se puede afirmar que la presencia de los metabolitos de clorotalonil en las aguas subterráneas no tenga efectos inaceptables en las aguas subterráneas ni efectos nocivos para la salud humana (Arena, M *et al*; 2018).

Además, la EFSA informó que varios ámbitos de la evaluación del riesgo no pudieron finalizarse debido a la insuficiencia de los datos del expediente. En particular, la evaluación del riesgo para los consumidores derivado de la exposición alimentaria no pudo completarse debido a la falta de datos para confirmar la definición del residuo en las plantas y la evaluación de la exposición del ganado, incluida la evaluación toxicológica de un metabolito. A pesar de que se dio espacio para que los interesados presentaran argumentos a favor del clorotalonil, estos argumentos no fueron suficientes para descartar los problemas relativos a este fungicida. Por lo tanto, la Comisión Europea procedió con la prohibición del uso del clorotalonil (Arena, M *et al*; 2018).

Para la EFSA, la exposición al Clorotalonil puede presentar riesgos para la salud humana además ha identificado una serie de preocupaciones que incluyen la toxicidad de sus metabolitos, así como la posibilidad de que se produzca una exposición crónica a través de la dieta.

La EFSA ha evaluado el Clorotalonil y ha concluido que los niveles de exposición actuales en la dieta no representan un riesgo agudo para la salud, pero que la exposición crónica puede ser motivo de preocupación, especialmente para los grupos de población más vulnerables (Arena, M *et al*; 2018).

Los metabolitos del clorotalonil y riesgos para la salud humana

El Clorotalonil es un plaguicida que, al ingresar al ambiente, tiene la capacidad de producir metabolitos altamente contaminantes. A pesar de su correcto uso, la EFSA ha señalado que puede contaminar fuentes de agua, y que sus metabolitos no cuentan con suficiente información toxicológica que determine sus posibles riesgos para la salud. Este problema se ha puesto en evidencia en los acueductos de Cipreses y Santa Rosa de Oreamuno, donde, aunque no se ha detectado el químico en las mediciones de clorotalonil, se han encontrado concentraciones

elevadas de sus metabolitos. Esto demuestra el riesgo potencial de contaminación del clorotalonil en las aguas destinadas al consumo humano.

Aunque se ha identificado la presencia de metabolitos del clorotalonil en fuentes de agua, aún se sabe poco acerca de los efectos que estos compuestos pueden tener en la salud humana, se ha demostrado que muchos de estos compuestos son estructuralmente similares al propio clorotalonil, lo que sugiere que pueden tener efectos similares, aunque en algunos casos podrían ser aún más peligrosos.

Ante la incertidumbre sobre los riesgos que los metabolitos del clorotalonil pueden representar para la salud humana, es necesario aplicar el principio precautorio en la toma de decisiones. El principio precautorio establece que, en situaciones en las que existe una amenaza potencial para la salud humana o el medio ambiente, pero no se dispone de suficiente evidencia científica para evaluar adecuadamente los riesgos, se deben tomar medidas preventivas para evitar o reducir la exposición a la sustancia en cuestión. Esto significa que, aunque aún no se haya demostrado con certeza que los metabolitos del clorotalonil representan un riesgo para la salud humana, se deben tomar medidas preventivas para minimizar la exposición a estos compuestos. En este sentido, la prohibición del uso del clorotalonil en la Unión Europea es un ejemplo de cómo se está aplicando el principio precautorio para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Contaminación con metabolitos del clorotalonil en Oreamuno de Cartago

La provincia de Cartago en su zona norte cuenta con una importante cantidad de nacientes destinadas para consumo humano, aunado a esto, una gran parte del territorio es destinado a la agricultura como una de las actividades de mayor producción del sector y a la ganadería en otro porcentaje. A raíz de múltiples situaciones se ha evidenciado invasión de zonas de protección y de recarga de dichos acuíferos, generando contaminación de las fuentes de agua y poniendo en riesgo la salud de la población.

A la fecha, y como se ha ya mencionado, por el momento solo se cuenta con dos acueductos afectados por presencia de 1,3-dicarbamoil-2,4,5,6-tetraclorobenceno y el 4-hidroxiclorotalonil, metabolitos de clorotalonil, específicamente en los distritos de Cipreses y Santa Rosa del cantón de Oreamuno.

Inicialmente se corroboró dicha contaminación en la ASADA de Cipreses de Oreamuno, la cual cuenta con dos fuentes de abastecimiento. La Naciente Carlos Calvo que abastece al Sistema 1 con

un total de 672 abonados para un promedio de población abastecida de 2775 personas (lo anterior según el factor de hacinamiento del distrito de Cipreses del cantón de Oreamuno indicado por el INEC en el censo 2011, de 4,13 habitantes por vivienda), suministrado su servicio a los sectores de: La Puente y la Puente Centro, Arrabará, La Casita, La Vivienda, La Perla, ADICO 2000, La Pavilla, Pueblo Nuevo y Villas Hidalgo (poblados y/o caseríos ubicados en el Cantón de Oreamuno distrito de Cipreses y otros en el Cantón de Paraíso) y la Naciente Plantón que abastece el Sistema 2 con un total de 752 abonados para un promedio de población abastecida de 3105 personas, suministrando el servicio a los sectores de Las Aguas, El Chayotillo, Las Crucitas, Capira, Oratorio y Cipreses Centro (poblados y/o caseríos del distrito de Cipreses).

Seguidamente, y por un trabajo interinstitucional, se realiza el muestreo en la ASADA de Santa Rosa de Oreamuno, donde se detecta una vez más, la presencia de los contaminantes antes mencionados en 6 de 7 nacientes con las que cuenta dicho Acueducto. La ASADA de Santa Rosa cuenta con las Nacientes Miguel Brenes (no presentó contaminación), Benjamín Uleth y Piedra que abastecen el Sistema 1 con un total de 94 abonados para un promedio de población abastecida de 388 personas (lo anterior según el factor de hacinamiento del distrito de Santa Rosa del cantón de Oreamuno indicado por el INEC en el censo 2011, 4,13 habitantes por vivienda), suministrado su servicio a los sectores de: San Juan y San Gerardo (poblados y/o caseríos del distrito de Potrero Cerrado y Santa Rosa). Las Nacientes Birris y Carlos Martínez que abastecen el Sistema 2 con un total de 514 abonados para un promedio de población abastecida de 2123 personas, suministrado su servicio a los sectores de: San Gerardo, Santa Rosa y San Isidro (poblados y/o caseríos del distrito de Santa Rosa). Las Nacientes Manuel Granados y Agua Fría que abastecen el Sistema 3 con un total de 245 abonados para un promedio de población abastecida de 1012 personas, suministrado su servicio a los sectores de: San Isidro, San Martín y Plantón (poblados y/o caseríos del distrito de Santa Rosa).

Cuadro 7. Tabla resumen con acueductos afectados por la contaminación de metabolitos del clorotalonil, estatus actualizado a abril del 2023

Acueducto	Naciente	4-hidroxiclorotalonil (ug/L)	1,3-dicarbamoil-2,4,5,6-tetraclorobenceno (ug/L)	Estatus	Abonados	Población abastecida
ASADA de Cipreses	Carlos Calvo	0,23 (IRET)	1,73 (LNA) 0,83 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano	672	2775
	Plantón	N.D.	19,36 (LNA) 24,5 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano	752	3105
ASADA Santa Rosa**	Miguel Brenes	N.D.	N.D.	Sin contaminación	94	388
	Benjamín Uleth	N.D.	3,5 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano		
	Piedra	N.D.	7,0 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano		
	Birris	N.D.	0,4 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano	514	2123
	Carlos Martínez	N.D.	0,18 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano		
	Manuel Granados	N.D.	1,1 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano	245	1012
	Agua Fría	N.D.	1,4 (IRET)	Inhabilitada para consumo humano		

* Resultados obtenidos del muestreo pareado realizado entre el Laboratorio Nacional de Aguas y el IRET-UNA realizado en setiembre 2022

** Muestreo realizado por IRET-UNA entre octubre y noviembre 2022

***0,1ug/L es el valor máximo admisible de plaguicidas en el agua para consumo humano según Reglamento 38924-S

Aunado a estos acueductos y tomando en cuenta únicamente **los distritos de Oreamuno y Alvarado, contamos con 12 acueductos administrados por ASADAS y Municipalidades, para un total de 38 sistemas con un promedio de población abastecida de 65.038 personas.** Se hace referencia a este comentario dado que, todos estos acueductos cuentan con sus nacientes en la zona norte de los cantones de Oreamuno y Alvarado, y muchas de estas están bajo las mismas condiciones de invasión de zonas de protección por desarrollo de actividad agrícola y/o pecuaria, vulnerando la calidad del agua de dichas fuentes, siendo una muy alta probabilidad la aparición de contaminantes por el uso de productos químicos, situación que deberá ser corroborada.

Tanto la ASADA de Cipreses de Oreamuno como la de Santa Rosa de Oreamuno, están abasteciendo a sus abondos mediante el transporte de agua por medio de cisternas y la colocación de tanques de almacenamiento para autoconsumo, esto con la finalidad de que los habitantes tengan acceso a agua potable para consumo, elaboración de los alimentos y actividades de higiene; ocasionando que las personas deban trasegar el líquido en recipientes hasta sus viviendas para poder llevar a cabo las actividades antes mencionados, vulnerando sus derechos de acceso a agua potable en forma continua, en cantidad suficientes para satisfacer las necesidades de las personas, y hasta en cierto

modo, poniendo en riesgo la salud de la población, por problemas de mala manipulación, trasiego y/o almacenamiento del agua que podría desencadenar la aparición de enfermedades.

Debemos recordar que nuestra Constitución Política indica que “...Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un bien de la nación, indispensable para proteger tal derecho humano. Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones...” por tanto, es nuestro deber como garantes de la salud de población, garantizar que toda persona tenga acceso a agua segura apta para consumo humano.

Además, es importante indicar que dentro de las recomendaciones brindadas fueron que se puede considerar el uso del agua de estas fuentes para el funcionamiento de inodoros y otras actividades de limpieza y desinfección intradomiciliaria, situación que a la fecha se ha mantenido y, que permite a los habitantes, hasta cierto modo, decidir si continúa ingiriendo el agua contaminada o no, a pesar de que la indicación por parte de este Ministerio fue que esa agua no es apta para consumo humano, elaboración de los alimentos y actividades de higiene; situación que generaría posibles problemas de salud en la población si fuese ingerida el agua contaminada.

Alternativas al uso del Clorotalonil

El MAG en su propuesta de Plan para el manejo remedial a implementar en fuentes de agua de la ASADA Cipreses de Oreamuno sugiere algunas opciones al uso del plaguicida clorotalonil.

Sustitución por otros plaguicidas

En primer instancia, estaría la utilización de plaguicidas alternativos que posean el mismo mecanismo de acción, como, por ejemplo: sales de cobre, azufre, ditiocarbamatos (mancozeb, metiram, tiram, ziram) y ftalamidas (captan, folpet). La sustitución del plaguicida clorotalonil en conjunción con la promoción de sistemas de aplicación localizada y el respeto a la zona de protección circundante a los sitios de captación de agua potable (según se indica en la Ley de Aguas, artículo 31) podrían reducir los niveles de metabolitos detectados en las fuentes de agua de la zona de aplicación.

También se sugiere, la comercialización restringida del clorotalonil, en vista de que la rotación con otros plaguicidas no es del todo factible actualmente, por cuanto esto podrían requerir del registro

de nuevas moléculas, ampliaciones de uso y/o homologaciones, que de momento requerirían tiempo para su respectiva aprobación.

Capacitación y Fiscalización

Además, se propone un programa de capacitación en aras de promover las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en los productores de la zona y asegurar que el plaguicida clorotalonil está siendo aplicado de manera correcta. En este punto se infiere que existe una brecha de información, por cuanto no hay certeza de que el plaguicida esté siendo aplicado bajo las BPA's, y existe una deficiencia en la fiscalización realizada por el SFE debido a la reducción presupuestaria que ha experimentado la institución, la cual incide de manera directa en la partida destinada para el control y fiscalización de plaguicidas. En conclusión, es necesario evaluar la contribución que este punto tiene en la problemática del clorotalonil y sus metabolitos en fuentes de agua.

Biopesticidas y controladores biológicos

Una opción que no es abordada ampliamente por el MAG en su plan remedial sería la sustitución del clorotalonil por biopesticidas o controladores biológicos, sin embargo, esta alternativa es más compleja que una simple sustitución de un plaguicida por otro por cuanto requiere el análisis caso por caso, la identificación de controladores por plaga y por cultivo, así como pruebas de eficacia.

Actualmente, el clorotalonil es aplicado para las siguientes plagas en nuestro país: Mildiu Velloso (*Hyaloperonospora parasítica*), Tizon tardío (*Phytophthora infestans*), Tizon (*Rhizoctonia solani*), Tizon temprano (*Alternaria sp.*), Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), Melanosis (*Diaporthe sp.*), Mancha gracienta de los cítricos (*Mycosphaerella citri*), Mancha en la hoja (*Cercospora sp.*), Podredumbre de la corona (*Fusarium moniliforme*), Moho gris (*Botrytis sp.*), Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var. *Difformis*), Sigatoka amarilla (*Mycosphaerella musicola*) según la base de datos Insumosys del SFE. Un primer paso en la comprensión de la problemática suscitada por el clorotalonil, sería la identificación de los cultivos en la zona, las plagas tratadas y confirmación de los debidos registros ante el SFE.

De esta misma propuesta del MAG se desprende otra brecha de información en cuanto a que cultivos de la zona están aplicando el producto, e inclusive la posibilidad de que el clorotalonil esté siendo usado en cultivos para los cuales no se solicitó ampliaciones de uso.

No obstante, sin el análisis de cada caso y los estudios de eficacia correspondientes, no está claro si el uso de biopesticidas o controladores biológicos podría sustituir por completo el uso del plaguicida

o si debería utilizarse conjuntamente, reduciéndose así la carga de ingrediente activo aplicada. Cabe destacar como beneficios adicionales a la reducción del uso del plaguicida clorotalonil, la disminución en los tiempos de reingreso al área tratada y menos restricciones precosecha.

Brechas de información

Ramírez, F. et al en un estudio realizado en 2014, determinó el patrón de uso de plaguicidas en Pacayas, zona aledaña a la ASADA de interés para este informe. De su artículo se podría extrapolar parte de los datos que hemos definido como brechas de información del caso; en primer lugar, se encontró que 60% de los agricultores se dedicaban al cultivo de papa, y que otros cultivos importantes de la zona eran el brócoli, coliflor, zanahoria y repollo. La papa se cultiva durante todo el año, en dos ciclos de cultivo; y este cultivo requiere una alta tasa de uso de plaguicidas debido a numerosas plagas, patógenos y malezas. El uso de fungicidas representó 77% del total de plaguicidas aplicados en la zona para el cultivo de papa, y los principales pesticidas empleados fueron mancozeb, propineb, clorotalonil y fosetil aluminio.

Una correcta gestión de la problemática generada por el clorotalonil debería incluir la recopilación de información actualizada como la descrita en el artículo mencionado, y de encontrarse un escenario similar en donde más del 50% del uso de suelo se debe a un único cultivo, establecer un plan de trabajo que permita identificar si se están aplicando correctamente las BPA, posibles sustituciones por otros plaguicidas y/o biopesticidas. Sin embargo, es importante evaluar en este proceso de sustitución si las alternativas representan un riesgo igual o mayor, ya que productos como el mancozeb, ziram, entre otros, están siendo reevaluados por los efectos a la salud y el ambiente.

Conclusiones

1. La Sala Constitucional ha reconocido en varias ocasiones que tanto la salud pública como el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado son derechos fundamentales, reconocidos tanto a nivel constitucional como internacional. El ejercicio legítimo de estos derechos requiere que los recursos sean utilizados de manera racional, y corresponde al Estado la protección del ambiente, según el principio precautorio que rige en materia ambiental. La administración debe realizar evaluaciones ambientales rigurosas y detalladas y compartir los resultados con la población afectada para garantizar que las actividades económicas con impacto ambiental no impliquen un riesgo o amenaza de daño permanente e irreversible al ambiente. La desatención e inobservancia de estos aspectos definidos normativa y jurisprudencialmente puede resultar en la vulneración del derecho a un ambiente sano y a la salud pública. En este sentido, el Estado costarricense tiene el deber de procurar por la tutela efectiva y oportuna de estos derechos fundamentales, elevando el nivel de vida de la población
2. El clorotalonil se utiliza principalmente como fungicida en una amplia gama de cultivos, incluyendo hortalizas y frutas. Se han identificado más de 20 metabolitos de este fungicida, incluyendo el 4-hidroxiclorotalonil y el ácido 3-carbamil-2,4,5-triclorobenzoico, que son medianamente móviles y persistentes.
3. El clorotalonil ha sido prohibido en la Unión Europea debido a su potencial carcinogénico y su capacidad para contaminar las aguas subterráneas con metabolitos de su degradación. Aunque el clorotalonil ha sido prohibido, sus metabolitos continúan siendo un problema persistente en el medio ambiente y en el suministro de agua potable. En Suiza, se ha detectado la presencia de subproductos del clorotalonil en aguas subterráneas y en el agua potable en varios cantones, con niveles que exceden las normas legales establecidas para el agua potable. También se han encontrado metabolitos de clorotalonil en aguas superficiales como el río Rhine y el Lago Zúrich.
4. El clorotalonil es una molécula que, aunque presenta baja potencial de lixiviación, puede ser altamente tóxica para peces e invertebrados acuáticos cuando se aplican durante periodos de lluvia. Además, sus productos de degradación, como el 4-hidroxiclorotalonil, pueden ser tóxicos para mamíferos y aves, incluyendo efectos reproductivos y carcinogénicos. También se ha encontrado residuos de metabolitos del clorotalonil en alimentos, como los arándanos, hasta 76 días después de la aplicación

5. A la luz de la evidencia presentada, se puede concluir que el clorotalonil presenta riesgos significativos para la salud humana y el medio ambiente. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha clasificado el clorotalonil como un posible carcinógeno humano y un posible agente tóxico para la reproducción y el desarrollo, y la exposición a este compuesto puede causar irritación en la piel, los ojos y las vías respiratorias, así como náuseas, dolor de cabeza y mareos. Por su parte, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria ha identificado problemas críticos además la evaluación del riesgo para los consumidores derivado de la exposición alimentaria no pudo completarse debido a la falta de datos del expediente, lo que sugiere que el uso de este fungicida puede representar un riesgo desconocido para la salud pública.
6. En conclusión, la evaluación realizada por la EFSA indica que la exposición crónica al clorotalonil a través de la dieta puede representar un riesgo para la salud humana, especialmente para los grupos de población más vulnerables. Además, se ha identificado la presencia de metabolitos altamente contaminantes del Clorotalonil en fuentes de agua destinadas al consumo humano, lo que demuestra el riesgo potencial de contaminación. A pesar de que aún se sabe poco acerca de los efectos que estos compuestos pueden tener en la salud humana, se debe aplicar el principio precautorio en la toma de decisiones y tomar medidas preventivas para minimizar la exposición a estos compuestos. La prohibición del uso del clorotalonil en la Unión Europea es un ejemplo de cómo se está aplicando el principio precautorio para proteger la salud humana y el medio ambiente.
7. En la provincia de Cartago, Costa Rica se cuenta con ocho nacientes destinadas para consumo humano, las cuales están siendo contaminadas debido a la invasión de zonas de protección y de recarga de acuíferos por la actividad agrícola y ganadera. Se ha detectado la presencia de metabolitos de clorotalonil en los acueductos de Cipreses y Santa Rosa del cantón de Oreamuno. Por lo tanto, es necesario tomar medidas para evitar la contaminación de más fuentes de agua y proteger la salud de la población.
8. Se concluye que existe una preocupación ambiental sobre el clorotalonil, por su toxicidad principalmente para organismos acuáticos tanto a nivel de toxicidad aguda como crónica, y el peligro que representan sus metabolitos por su potencial de contaminar aguas tanto superficiales como subterráneas. Además, éste es un plaguicida de uso común en hortalizas y es preocupante que el país no cuenta con capacidades técnicas para la correcta vigilancia

y monitoreo de sus metabolitos en suelos y aguas, igual como ocurre con otros plaguicidas de alto uso en la actualidad.

9. Ante la problemática del uso del plaguicida clorotalonil en fuentes de agua, el MAG propone opciones como la sustitución por otros plaguicidas con el mismo mecanismo de acción, promoción de sistemas de aplicación localizada y el respeto a la zona de protección circundante.
10. Se evidencia que existe un debilitamiento en la fiscalización, regulación y control del uso del plaguicida clorotalonil en Costa Rica por parte del MAG, lo cual ha generado una problemática ambiental y de salud pública en la zona de aplicación.
11. La opción de sustituir el clorotalonil por biopesticidas o controladores biológicos es una alternativa que no es ampliamente abordada por el MAG en su plan remedial. Sin embargo, esta alternativa debe ser analizada caso por caso, identificando controladores por plaga y por cultivo, así como pruebas de eficacia.
12. Es necesario identificar los cultivos en la zona, las plagas tratadas y confirmar los debidos registros ante el SFE para comprender la problemática suscitada por el clorotalonil. Se deben establecer planes de trabajo que permitan identificar si se están aplicando correctamente las BPA, posibles sustituciones por otros plaguicidas y/o biopesticidas. Cabe destacar que la sustitución del clorotalonil no garantiza la eliminación del uso de plaguicidas en su totalidad, ya que algunos productos alternativos están siendo reevaluados por sus efectos en la salud y el ambiente.

Recomendaciones

1. Se recomienda aumentar la fiscalización y control por parte del Servicio Fitosanitario del Estado, y promover la sustitución del clorotalonil por otros plaguicidas más seguros y la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas. De esta manera, se garantizará la protección del medio ambiente y la salud de la población en esta y otras regiones del país donde se utilice este pesticida.
2. Se recomienda el fortalecimiento del Laboratorio Nacional de Aguas para que cuente con los recursos necesarios para la cuantificación de los metabolitos del clorotalonil y que se pueda implementar a nivel nacional un programa de vigilancia y control en agua para consumo humano del clorotalonil y sus metabolitos.
3. Por lo tanto, además de las recomendaciones emitidas en el oficio DIGECA-563-2022, se recomienda que el SFE realice un levantamiento de los plaguicidas más utilizados en el país y que el análisis de residuos en fuentes de agua, suelos y vegetales se priorice de acuerdo con el volumen de importación actualizado, incluyendo los metabolitos de estos plaguicidas de uso extendido vigente.
4. Es responsabilidad del Estado costarricense regular el uso de sustancias químicas en la agricultura, de manera que se garantice su correcta gestión y uso, sin que esto represente riesgos inaceptables para la salud humana y el medio ambiente. A pesar de que algunas sustancias pueden ser utilizadas de acuerdo con las recomendaciones de uso, es importante considerar los potenciales riesgos que pueden representar los metabolitos y residuos generados, y aplicar el principio precautorio para tomar decisiones informadas y proteger la salud y el bienestar de la población y del ecosistema
5. Se hace necesario que las instituciones encargadas de la regulación y control de plaguicidas tomen medidas urgentes para prevenir y mitigar los impactos negativos asociados al uso de este plaguicida, lo que implica la implementación de estrategias de fiscalización efectivas, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la eliminación gradual del clorotalonil de la industria agrícola del país. En definitiva, la protección de la salud humana y del ambiente debe ser el principal objetivo en cualquier estrategia de gestión de plaguicidas.
6. Con el fin de proteger los cuerpos de agua y reducir el riesgo de contaminación por el uso de plaguicidas, se recomienda la promoción de sistemas de aplicación localizada y el respeto a la zona de protección circundante, tal como lo establece el artículo 33 de la Ley N° 7575, Ley Forestal, para las áreas de protección de cuerpos de agua definidas en dicha ley. Con

estas medidas, se promueve la protección de los cuerpos de agua y la salud de la población que depende de ellos.

7. Basado en las alertas de peligrosidad del clorotalonil y la preocupación de que los productos registrados a base de este Ingrediente Activo de Grado Técnico (IAGT) no cuentan con el aval ambiental de DIGECA, se considera que, en pro de salvaguardar el ambiente, resulta fundamental que se cancelen los registros vigentes a base de este plaguicida. Lo anterior en apego a lo estipulado en el numeral 14.1.3.1 y 14.2.1.2 del DE 40059 y el 16.2 del DE 43838 y en el artículo 29 y 30 de la Ley 7664 Ley de Protección Fitosanitaria, referente a suspensiones y cancelaciones de registro.
8. En concordancia con las recomendaciones expuestas, así como de los riesgos analizados, **se recomienda la prohibición del uso del clorotalonil en Costa Rica**, en línea con las medidas adoptadas por la Unión Europea. Se deben implementar medidas de seguridad y alternativas para la agricultura que minimicen la exposición de los trabajadores y de los consumidores, así como velar por la protección de las fuentes de agua, el medio ambiente y la salud de la población.

Bibliografía

- 1- Hintze, S. et al. 2021. Determination of chlorothalonil metabolites in soil and water samples. *J. Chromatogr. A* 1655 (462507).
- 2- Cox, C.B. 1997. Fungicide Factsheet. Chlorothalonil. *J. Pesticide Reform*. 17 (4).
- 3- Universidad Nacional de Costa Rica. (s.f.). Centro de información de plaguicidas para Centroamérica. Recuperado el 14 de abril de 2023, de <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>
- 4- U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Glossary of terms related to pesticides and their use. EPA.
- 5- World Health Organization. (2009). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2009. WHO
- 6- Kiefer, K (2020). Chlorothalonil transformation products in drinking water resources. *Water Research*. 183. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116066>.
- 7- swissinfo.ch. (2019, 10 diciembre). Clorotalonil: rastros de un pesticida en el agua potable. swissinfo.ch. https://www.swissinfo.ch/spa/politica/clorotalonil_rastros-de-un-pesticida-en-el-agua-potable/45542780.
- 8- April R, Van Scoy and Ronald S. Tjeerdema. (2014) Environmental Fate and Toxicology of Chlorothalonil, Department of Environmental Toxicology, College of Agricultural & Environmental Sciences , University of California , One Shields Ave , Davis , CA 95616-8588 , USA. D.M. Whitacre (ed.), *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 89 Volume 232, *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 232, DOI 10.1007/978-3-319-06746-9_4, © Springer International Publishing Switzerland 2014.
- 9- Hintze, S. (2021). Determination of chlorothalonil metabolites in soil and water samples. Published by Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2021.462507>.
- 10- Chaves A. (2008). Analysis of chlorothalonil and degradation products in soil and water by GC/MS and LC/MS. *Chemosphere* 71 (2008) 629–638.
- 11- Cymit Química S.L. (s.f.). Hydroxy-chlorothalonil. Cymit Química. Recuperado el 14 de abril de 2023, de <https://cymitquimica.com/es/productos/TR-H825060/28343-61-5/hydroxy-chlorothalonil/>
- 12- Vargas, E. (2022). Uso aparente de plaguicidas en la agricultura de Costa Rica. *United Nations Development Programme, Costa Rica*.
- 13- Arena, M, et. al, (2018). Conclusion on the peer review of the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chlorothalonil. *EFSA Journal* 2018;16(1): 5126, 40 pp
- 14- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (s. f.). Sistema de Consulta de Productos Fitosanitarios. Recuperado el 30 de marzo de 2023, de <https://app.sfe.go.cr/SFEInsumos.aspx/Seguridad/Home.aspx>

- 15- Jones, J.G., Korir, R. C., Walter, T.L., Everts, K.L.. 2020. Reducing Chlorothalonil Use in Fungicides Sprays for Powdery Mildew, Anthracnose, and Gummy Stem Blight in Melons. *Plant Disease*, 104, 3213-3220. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-20-0712-RE>
- 16- Ramírez, F., Fournier, M., Ruedert, C., Hidalgo, C. 2014. Uso de agroquímicos en el cultivo de la papa en Pacayas, Cartago, Costa Rica. *Agron. Mesoam.* 25 (2), 337-345.
- 17- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D. and Green, A. (2016) An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 22(4), 1050-1064.

Equipo técnico que confeccionó el informe:

Funcionario	Institución	Firma
Albin Badilla Mora	Ministerio de Salud - Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental	
María José Lafuente González	Ministerio de Salud - Área Rectora de Salud de Oreamuno	
Anthony Monge Ortega	Ministerio de Salud - Dirección de Productos de Interés Sanitario	
Diana Vindas Corrales	Ministerio de Salud - Despacho Viceministra de Salud	
Mónica Fuentes Mendoza	Ministerio de Salud - Dirección General de Salud	
David Cambroner Bolaños	Laboratorio Nacional de Aguas (AyA)	
Luis Zúñiga Zúñiga	Laboratorio Nacional de Aguas (AyA)	
Carlos Mora Batista	Ministerio de Ambiente y Energía (DIGECA)	
Manuela Mata Zúñiga	Ministerio de Ambiente y Energía (DIGECA)	



MINAE
Ministerio de Ambiente y Energía



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS