



MS-DPRSA-USA-1536-2024

San José, 30 de julio 2024



## Informe técnico sobre fungicida mancozeb y su metabolito principal etilentiourea (ETU)

Este informe técnico revisa las características químicas del fungicida mancozeb y su metabolito etilentiourea (ETU), analizando su toxicidad y evaluando los riesgos asociados. Se presentan datos sobre los efectos adversos observados, tanto agudos como crónicos, y se discuten los valores máximos admisibles (VMA) provisionales en agua potable. Estos VMA se proponen como medidas de emergencia para proteger la salud pública en caso de contaminación accidental.

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

[unidad.saludambiental@misalud.go.cr](mailto:unidad.saludambiental@misalud.go.cr)

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

[www.ministeriodesalud.go.cr](http://www.ministeriodesalud.go.cr)



## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL MANCOZEB

El mancozeb es un fungicida de amplio espectro utilizado en la agricultura para proteger una variedad de cultivos contra enfermedades causadas por hongos. Pertenece a la familia de los ditiocarbamatos y actúa inhibiendo la síntesis de esporas fúngicas, lo que previene la propagación de infecciones en las plantas. Se aplica comúnmente en frutas, vegetales, cereales y otros cultivos, y es efectivo contra enfermedades como la roya.

El mancozeb es un compuesto químico que pertenece a la clase de los ditiocarbamatos. Es un complejo coordinado de manganeso y zinc que se presenta como un polvo amarillo o grisáceo. La estructura de la molécula incluye un núcleo de etilenobis (ditiocarbamato) que se coordina con átomos de manganeso y zinc. Esta configuración le permite inhibir la acción de ciertas enzimas esenciales para el desarrollo de hongos, lo que lo convierte en un eficaz agente fungicida. Su solubilidad en agua es baja, lo que limita su movilidad en el ambiente, la estructura química del mancozeb se muestra en la Figura 1 y algunas de las principales propiedades fisicoquímicas se presentan en el Cuadro I.

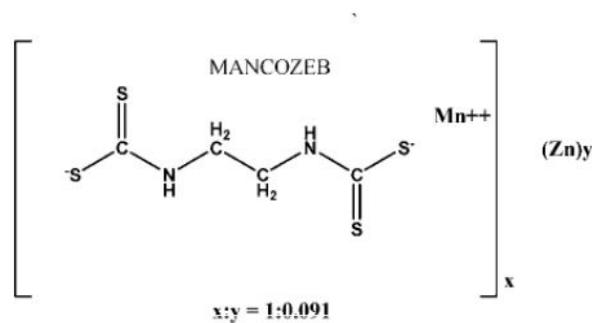


Figura 1. Estructura química del mancozeb.

Cuadro I. Propiedades fisicoquímicas del mancozeb.

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Número de registro (CAS #)        | 8018-01-7 |
| Punto de fusión (°C)              | 192 – 194 |
| Solubilidad en agua (mg/L a 25°C) | 6 – 20    |

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



---

|   |  |
|---|--|
| Presión de vapor (mm Hg)                              | <10 <sup>-5</sup>                                |
| Constante de Henry (atm*m <sup>3</sup> /g*mol a 25°C) | < 2.23x10 <sup>3</sup>                           |
| Olor  | Leve olor a sulfuro de hidrógeno (huevo podrido) |

---

El mancozeb se degrada en el ambiente, principalmente en el suelo, a través de procesos de hidrólisis y biodegradación. Los parámetros de degradación clave incluyen el DT50 (tiempo para que se degrade el 50% de la sustancia) y el DT90 (tiempo para que se degrade el 90%). Para el mancozeb, el DT50 varía entre 6 y 40 días, dependiendo de las condiciones ambientales, mientras que el DT90 puede ser considerablemente más largo, variando entre 90 y 180 días. Estos tiempos reflejan la persistencia de la sustancia y su potencial impacto ambiental. En el suelo se reporta que distintas cantidades de ETU fueron totalmente degradadas y principalmente convertidos a EU en un plazo de 2 días para suelos arenosos, 2 días para suelos arcillosos y 8 días en suelos ricos en materia orgánica, dicho tiempo de degradación se ve afectado por las condiciones de temperatura, humedad, características físicas y químicas de los suelos.

#### TOXICIDAD DEL MANCOZEB

En la revisión del riesgo de pesticidas, el mancozeb ha sido identificado como un compuesto de rápida absorción y metabolización, con un importante metabolito relevante, la etilentiourea (ETU), que presenta un perfil toxicológico más severo. ETU, considerado también una impureza relevante, mostró toxicidad aguda y toxicidad para la reproducción. Se observó que el mancozeb se absorbe rápidamente (3-6 horas) y se distribuye ampliamente en el cuerpo, siendo la tiroides el órgano con mayores niveles de radioactividad. Los principales metabolitos identificados en la orina y bilis de ratas incluyen ETU, etilenuera (EU), etilendiamina (EDA), y N-acetil EDA, entre otros.

El mancozeb ha demostrado una baja toxicidad aguda por vía oral, dérmica e inhalatoria, no siendo irritante para la piel ni los ojos, aunque es un sensibilizante cutáneo moderado. La fototoxicidad del mancozeb no pudo ser concluida debido a resultados contradictorios

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



en estudios in vitro. Los estudios dietéticos a corto plazo identificaron la tiroides como el órgano diana en ratas, perros y ratones, además de observarse neurotoxicidad en ratas y toxicidad hepática y anemia en perros. El nivel sin efectos adversos observados (NOAEL) general para el mancozeb se estableció en 2.3 mg/kg de peso corporal por día, basado en estudios a corto plazo en perros, aunque existe desacuerdo sobre esta conclusión entre las autoridades reguladoras.

En la revisión de la EFSA, se concluye que el potencial genotóxico del mancozeb es de baja preocupación. Sin embargo, se recomienda realizar investigaciones adicionales sobre el potencial de mutación genética en ensayos con células de mamíferos, utilizando material representativo y cumpliendo con los estándares modernos, para confirmar esta conclusión.

#### EVALUACIÓN DEL RIESGO TOXICOLÓGICO DEL MANCOZEB

En estudios dietéticos a largo plazo, la tiroides se identificó como el órgano diana en ratas y ratones. En los estudios con ratones, el nivel sin efectos adversos observados (NOAEL) a largo plazo es de 13 mg/kg de peso corporal por día, basado en los efectos sobre el peso corporal y los niveles de hormonas tiroideas observados a 130 mg/kg de peso corporal por día. El mancozeb no fue carcinogénico en ratones hasta una dosis de 180 mg/kg de peso corporal por día.

El NOAEL sistémico relevante a largo plazo es de 4.8 mg/kg de peso corporal por día en un estudio de 2 años en ratas, basado en la disminución del peso corporal, la toxicidad tiroidea (efectos en las hormonas tiroideas, hipertrofia tiroidea e hiperplasia) y la retinopatía bilateral a 30.9 mg/kg de peso corporal por día. El NOAEL de carcinogenicidad en ratas es también de 4.8 mg/kg de peso corporal por día, basado en la aparición de tumores tiroideos (carcinomas y adenomas foliculares) observados en la dosis más alta probada (30.9 mg/kg de peso corporal por día). El mancozeb ha sido clasificado como carcinógeno categoría 2, debido a los tumores tiroideos observados en ratas

El mancozeb ha sido objeto de varios estudios de toxicidad para el desarrollo en ratas y conejos. En ratas, se observaron toxicidades maternas, como disminución del peso corporal, consumo de alimentos y casos de parálisis y muerte. Los NOAELs (Niveles Sin Efectos Adversos Observados) maternos variaron entre 32 y 160 mg/kg de peso corporal por día,

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

[unidad.saludambiental@misalud.go.cr](mailto:unidad.saludambiental@misalud.go.cr)

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

[www.ministeriodesalud.go.cr](http://www.ministeriodesalud.go.cr)



con un NOAEL general acordado de 60 mg/kg de peso corporal por día. Las observaciones de toxicidad para el desarrollo incluyeron malformaciones, aumento de las reabsorciones y retraso en el desarrollo, con NOAELs que oscilaron entre 60 y 160 mg/kg de peso corporal por día. Se estableció un NOAEL general de desarrollo de 160 mg/kg de peso corporal por día, ya que las malformaciones se observaron a dosis superiores a 500 mg/kg de peso corporal por día.

En los estudios de toxicidad para el desarrollo en conejos, se observaron toxicidades maternas, como muertes, disminución del peso corporal, consumo de alimentos y abortos. Los NOAELs maternos variaron entre 30 y 55 mg/kg de peso corporal por día, mientras que no se observaron efectos de desarrollo. Se acordó un NOAEL materno general de 55 mg/kg de peso corporal por día.

El mancozeb ha sido clasificado como tóxico para el desarrollo debido a las malformaciones observadas en los estudios de toxicidad para el desarrollo en ratas, lo que representa un área crítica de preocupación. Además, se considera que el mancozeb cumple con los criterios de alterador endocrino para humanos, basado en los efectos observados en la tiroides, como hipertrofia de las células foliculares tiroideas, aumento del peso tiroideo, hiperplasia de las células foliculares tiroideas y tumores de la glándula tiroides (adenomas y carcinomas).

La **Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR)**, conocida como **Reunión Conjunta sobre Residuos de Plaguicidas**, es un grupo de expertos que se reúne para evaluar los datos científicos relacionados con los residuos de plaguicidas en alimentos, está conformada por direcciones de las agencias de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

La JMPR señaló que existe una incapacidad analítica para diferenciar entre los residuos de los compuestos parentales de ditiocarbamatos. Por lo tanto, no se pueden identificar específicamente los compuestos parentales individuales como maneb, mancozeb, zineb y metiram. En respuesta a esta limitación, la JMPR estableció una **ingesta diaria admisible (ADI) o referencia de dosis (RfD) grupal de 0-0.03 mg/kg de peso corporal** para estos carbamatos. Esta ADI grupal se determinó basándose en el valor más bajo dentro del grupo,

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



como una medida precautoria para garantizar la seguridad de los consumidores ante la posible exposición combinada a estos compuestos en los alimentos.

### CÁLCULO DE UN VALOR MÁXIMO ADMISIBLE EN AGUA DE CONSUMO PARA MANCOZEB

Para calcular el Valor Máximo Admisible (VMA) en agua para niños, basado en la referencia de dosis grupal de 0-0.03 mg/kg de peso corporal para el mancozeb y otros carbamatos, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\text{VMA} = (\text{RfD} \times \text{Peso corporal} \times \text{Factor de proporción}) \div \text{consumo de agua}$$

Para el cálculo de un valor máximo admisible se utilizaron los datos de un niño de aproximadamente un año. Se utiliza la información basada en niños en lugar de utilizar los valores para adultos en salud pública debido a varias razones clave. Los niños tienen una mayor proporción de exposición relativa a su peso corporal, ya que consumen más agua, aire y alimentos en comparación con los adultos. Además, sus sistemas metabólicos y órganos, como el hígado y los riñones, no están completamente desarrollados, lo que afecta la forma en que procesan y eliminan sustancias químicas. El sistema inmunológico y el sistema nervioso de los niños están en una fase crítica de desarrollo, haciéndolos más vulnerables a los efectos tóxicos de contaminantes ambientales, que pueden tener consecuencias a largo plazo, además al ser valores menores que brindan protección también estamos incluyendo a otras poblaciones vulnerables como mujeres embarazadas o adultos mayores.

El cálculo del nivel máximo contaminante o el nivel máximo admisible en agua potable se realiza considerando la RfD, la cantidad promedio de agua consumida por una persona (1 litro en niños) el peso corporal promedio (10 kg), y un factor de proporción de la exposición total proveniente del agua.

Se asumen los siguientes datos para el cálculo

**Peso corporal promedio:** 10 kg

**Consumo de agua:** 1 L/día

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



**Factor de proporción:** 0.2 (20% de la exposición total proviene del agua potable)

Calculando:

$$\text{VMA} = (0.03 \times 10 \times 0.2) \div 1$$

$$\text{VMA} = 0.006 \text{ mg/L}$$

Por lo tanto, el Valor Máximo Admisible (VMA) de mancozeb en agua para niños sería **0.006 mg/L o 6 µg/L**. Este valor asegura que la exposición a mancozeb a través del agua potable se mantenga dentro de los límites seguros establecidos por la ingesta diaria admisible grupal.

#### METABOLITOS DEL MANCOZEB

La etilentiourea (ETU) es el principal metabolito del fungicida mancozeb, ampliamente utilizado en la agricultura. Durante la aplicación de mancozeb, ETU se forma como un producto de degradación, tanto en el ambiente como en organismos expuestos. ETU es conocido por sus efectos tóxicos, incluyendo alteraciones en la función tiroidea y potenciales efectos teratogénicos en estudios con animales. Su presencia y persistencia en el ambiente son motivo de preocupación debido a su toxicidad para la salud humana y ecológica.

La Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) han clasificado a la etilentiourea (ETU) como un metabolito de importancia significativa para la salud pública. Esta clasificación se debe a la toxicidad potencial de ETU. Ambas instituciones han señalado que ETU presenta riesgos asociados con efectos adversos en la salud humana. Algunas de las principales propiedades fisicoquímicas de la etilentiourea (ETU) se muestran en el Cuadro II y su estructura química se presenta en la Figura 2.

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

[unidad.saludambiental@misalud.go.cr](mailto:unidad.saludambiental@misalud.go.cr)

(506) 2233-6922 / 2255-4512

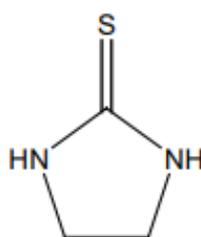
Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

[www.ministeriodesalud.go.cr](http://www.ministeriodesalud.go.cr)



**Cuadro II.** Propiedades fisicoquímicas de etilentiourea.

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| Número de registro (CAS #)       | 96-45-7   |
| Punto de fusión (°C)             | 203 - 204 |
| Peso molecular (g/mol)           | 102.2     |
| Solubilidad en agua (ppm a 30°C) | 20000     |
| Presión de vapor (mm Hg a 20°C)  | <1        |



**Figura 2.** Estructura química de etilentiourea

EFFECTOS PARA LA SALUD DE LA ETILENTIOUREA

**Evidencia de Carcinogenicidad:** La etilentiourea (ETU) ha sido clasificada como un probable carcinógeno humano (Grupo B2) según la EPA. Aunque la evidencia en humanos es poca, los estudios en animales muestran suficiente evidencia de carcinogenicidad, especialmente en la inducción de tumores tiroideos por un mecanismo no genotóxico. Los estudios sugieren que ETU interfiere con la función de la peroxidasa tiroidea, lo que puede llevar a un aumento de la hormona estimulante de la tiroides (TSH) y una reducción de las hormonas tiroideas circulantes.

**Toxicidad Humana:** La exposición a corto plazo a ETU puede causar irritación del tracto respiratorio, con síntomas como dolor de garganta, tos y flema. Exposiciones altas pueden llevar a edema pulmonar, una emergencia médica potencialmente mortal. El contacto con la piel y los ojos puede causar irritación y quemaduras. A largo plazo, ETU ha demostrado ser teratogénica en animales, causando malformaciones y afectando la función tiroidea, lo

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



que puede resultar en mixedema y bocio. También se ha observado que compuestos relacionados como el maneb pueden causar daño neurológico.

**Estudios Epidemiológicos:** Los estudios en trabajadores expuestos a ETU y ditiocarbamatos no han mostrado un aumento significativo en la incidencia de tumores tiroideos. Sin embargo, se han observado efectos como una mayor prevalencia de nódulos tiroideos en trabajadores de plantaciones de banano expuestos a ETU, sugiriendo que el monitoreo de ETU en sangre podría ser un biomarcador útil para la vigilancia médica de estas exposiciones.

#### EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO PARA LA ETILENTIOUREA

La etilentiourea (ETU) es un compuesto químico con potencial para causar efectos adversos a largo plazo, especialmente en la tiroides.

El valor de referencia de dosis (RfD) para la exposición oral crónica a la etilentiourea (ETU) es  $8 \times 10^{-5}$  mg/kg-día. Este valor se ha determinado a partir de estudios que evidencian un aumento en la incidencia de hiperplasia tiroidea en ratas a dosis de 0.25 mg/kg/día, con un factor de incertidumbre de 3000.

Los factores de incertidumbre (UF) se aplican para abordar las limitaciones en los datos y las diferencias potenciales en la sensibilidad entre especies y dentro de una misma especie. Los factores de incertidumbre que se utilizaron por la EPA son los siguientes:

UF de 100: Se aplicó para tener en cuenta las diferencias inter e intra-especies. Este factor cubre la variabilidad en la respuesta a la exposición química entre diferentes especies de animales y entre individuos de la misma especie, incluidos los humanos. Esto asegura que la RfD sea protectora para la mayoría de la población humana, incluyendo subgrupos sensibles.

UF adicional de 3: Se utilizó debido a la disponibilidad limitada de datos toxicológicos de desarrollo y estudios multigeneracionales. Este factor adicional se aplica para compensar la falta de datos específicos que podrían influir en la evaluación del riesgo para el desarrollo y los efectos a largo plazo.

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



UF adicional de 10: Se añadió porque la RfD se basó en un Nivel Mínimo con Efectos Adversos Observados (LOAEL) en lugar de un Nivel Sin Efectos Adversos Observados (NOAEL). El uso de un LOAEL en lugar de uno NOAEL introduce un nivel adicional de precaución, ya que implica que los efectos adversos ya se han observado a la dosis considerada.

Estos factores de incertidumbre combinados se utilizan para calcular una RfD que sea protectora para la salud humana, teniendo en cuenta la falta de datos completos y las posibles variaciones en la susceptibilidad a los efectos de la exposición química

### CÁLCULO DE UN VALOR MÁXIMO ADMISIBLE EN AGUA DE CONSUMO PARA ETILENTIOUREA (ETU)

Para determinar el valor admisible de etilentiourea (ETU) en agua, se puede usar la referencia de dosis (RfD) establecida por la EPA, que es de  $8 \times 10^{-5}$  mg/kg-día. Este valor se utiliza como un punto de partida para calcular los límites seguros de exposición, incluido el consumo de agua potable. Al igual que con el cálculo del VMA para mancozeb en este cálculo se utilizarán los datos para niños.

El cálculo del nivel máximo contaminante o el nivel máximo admisible en agua potable se realiza considerando la RfD, la cantidad promedio de agua consumida por una persona (1 litro en niños) el peso corporal promedio (10 kg), y un factor de proporción de la exposición total proveniente del agua.

Se asumen los siguientes datos para el cálculo

- Peso corporal promedio: 10 kg
- Consumo de agua: 1 L/día
- Factor de proporción: 0.2 (20% de la exposición total proviene del agua potable)

Se usa la fórmula:

$$\text{VMA} = (\text{RfD} \times \text{Peso corporal} \times \text{Factor de proporción}) \div \text{consumo de agua}$$

Donde:

- **RfD:**  $8 \times 10^{-5}$  mg/kg-día

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



- **Peso corporal:** 10 kg
- **Consumo de agua:** 1 L/día
- **Factor de proporción:** 0.2

Calculando:

$$VMA = (8 \times 10^{-5}) \times 10 \times 0.2 \div 1$$

$$VMA \text{ (Valores M\u00e1ximos Admisibles)} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mg/L}$$

Por lo tanto, el valor m\u00e1ximo admisible de ETU en agua ser\u00eda de **0.00016 mg/L** o **0.16 \u00b5g/L**.

#### CONSIDERACIONES SOBRE LOS VALORES M\u00c1XIMOS ADMISIBLES

Seg\u00fan el Decreto Ejecutivo No. 38924-S, se establece la obligatoriedad de cumplir con los VMA para diferentes par\u00e1metros de calidad del agua, incluyendo los plaguicidas, para garantizar la salud p\u00fablica. Espec\u00edficamente, el cuadro 5 del Anexo 1 del decreto menciona los VMA para residuos de plaguicidas: 0,1 \u00b5g/L para plaguicidas individuales, 0,03 \u00b5g/L para plaguicidas organoclorados y 0,5 \u00b5g/L para el total de plaguicidas.

La OMS en sus *Gu\u00edas para la calidad del agua de consumo humano* recomienda que los plaguicidas en el agua de consumo humano se mantengan en concentraciones tan bajas como sea posible. Esto se debe a que incluso en peque\u00f1as cantidades, algunos plaguicidas pueden tener efectos adversos sobre la salud a largo plazo. Por lo tanto, aunque existen valores de referencia establecidos para diversos plaguicidas, se enfatiza que estos valores no deben alcanzarse y que las concentraciones deben mantenerse siempre por debajo de ellos, garantizando as\u00ed una exposici\u00f3n m\u00ednima y segura para la poblaci\u00f3n.

En caso de que los niveles de plaguicidas superen los VMA establecidos, se deben implementar acciones correctivas de inmediato. Estas acciones pueden incluir la mejora de los procesos de tratamiento de agua, la identificaci\u00f3n y eliminaci\u00f3n de las fuentes de contaminaci\u00f3n y la adopci\u00f3n de medidas preventivas adicionales para evitar futuras exposiciones. Es fundamental que las autoridades responsables supervisen y mantengan los niveles de plaguicidas dentro de los l\u00edmites seguros para garantizar la protecci\u00f3n de la salud p\u00fablica. En caso de que los niveles de contaminantes excedan los VMA temporales, se debe proporcionar agua alternativa segura a la poblaci\u00f3n afectada por medio de camiones cisterna o tanques temporales.

Direcci\u00f3n de Protecci\u00f3n Radiol\u00f3gica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



Por lo tanto, los valores aquí propuestos se consideran provisionales y deberán ser utilizados únicamente en situaciones de emergencia, cuando la provisión de agua de consumo humano se vea comprometida debido a un derrame o contaminación. En tales casos, es fundamental implementar de inmediato todas las medidas y actos administrativos necesarios por parte de las instituciones competentes, con el fin de restablecer y garantizar el cumplimiento de los VMA establecidos en el Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Estas acciones deben priorizar la seguridad y la salud pública, asegurando que las concentraciones de contaminantes en el agua se mantengan dentro de los límites permitidos y que cualquier riesgo para la población sea minimizado de manera efectiva.

Es importante señalar que los valores propuestos en este documento no contemplan rangos seguros para especies acuáticas, flora o fauna que pueda verse expuesta ante la presencia del mancozeb. Se deberán considerar estudios y criterios adicionales para proteger los ecosistemas acuáticos y terrestres, asegurando la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental.

#### Unidad de Salud Ambiental

#### Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental



Firmado digitalmente por RICARDO  
ALBERTO MORALES VARGAS (FIRMA)  
Fecha: 2024.07.30 21:02:06 -06'00'

Ing. Ricardo Morales Vargas

Director a.i.

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

  
Firmado digitalmente  
por ALBIN ARTURO  
BADILLA MORA (FIRMA)  
Fecha: 2024.07.30  
21:19:20 -06'00'

Dr. Albin Badilla Mora  
Microbiólogo Químico Clínico  
Unidad de Salud Ambiental

Firmado digitalmente por LUIS DIEGO RAMOS CASTRO  
(FIRMA)  
Fecha: 2024.07.30 21:24:39 -06'00'

Ing. Luis Diego Ramos Castro  
Ingeniero Químico  
Unidad de Salud Ambiental

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



## BIBLIOGRAFÍA

Organización Mundial de la Salud. (1988). Criterios de Salud Ambiental 78: Pesticidas ditiocarbamatos, etilentiourea y propylenethiourea: Una introducción general. Disponible en <https://www.inchem.org/pages/ehc.html>

IARC. (2001). Monografías sobre la evaluación del riesgo carcinogénico de los productos químicos para los humanos. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer. Recuperado de <https://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>

Kaushik Banerjee, D.P. Oulkar, & P.G. Adsule. (2008). Persistence and residue dynamics of mancozeb and its toxic metabolite ethylene thiourea (ETU) in table grapes. *Acta Horticulturae*, 785, 409-412. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.785.52

EPA (Environmental Protection Agency). (1991). Ethylene thiourea (ETU); CASRN 96-45-7. Integrated Risk Information System (IRIS). U.S. Environmental Protection Agency, National Center for Environmental Assessment

EFSA. (2020). *Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance mancozeb*. European Food Safety Authority. Disponible en <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2020.5755>

Xu, S. (2000). Environmental Fate of Mancozeb. Environmental Monitoring & Pest Management Department of Pesticide Regulation Sacramento.

FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment, & WHO Expert Group on Pesticide Residues. (1993). Pesticide residues in food - 1993. Report of the Joint Meeting. FAO Plant Production and Protection Paper, 122. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Xu, S. (2000). Environmental Fate of Ethylenethiourea. Environmental Monitoring & Pest Management Department of Pesticide Regulation Sacramento.

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

unidad.saludambiental@misalud.go.cr

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 SJ.CR

www.ministeriodesalud.go.cr



Organización Mundial de la Salud. (2023). Pesticide residues in food and feed: Mancozeb. Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) Database. Recuperado de <https://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database/pesticide?name=MANCOZEB>

Organización Mundial de la Salud. (2020). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Organización Mundial de la Salud. Disponible en <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950>

Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Unidad de Salud Ambiental

[unidad.saludambiental@misalud.go.cr](mailto:unidad.saludambiental@misalud.go.cr)

(506) 2233-6922 / 2255-4512

Apdo. Postal.10123 – 1000 S.J.CR

[www.ministeriodesalud.go.cr](http://www.ministeriodesalud.go.cr)