



REVISIÓN DOCUMENTAL: “COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA  
ELIMINACIÓN DE ENDOSULFÁN EN AGUAS DE USO Y CONSUMO HUMANO”

Presentado por:

LUISA CONSTANZA ROBAYO BELTRÁN

X SEMESTRE 2018 - II  
UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO  
PROYECTO DE GRADO  
Bogotá D.C.  
2019- I



REVISIÓN DOCUMENTAL: “COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD EN LOS  
TRATAMIENTOS PARA LA ELIMINACIÓN DE ENDOSULFÁN EN AGUAS DE  
USO Y CONSUMO HUMANO”.

Presentado por:  
LUISA CONSTANZA ROBAYO BELTRÁN

Asesora:  
Jovanna Acero Godoy  
Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO  
PROYECTO DE GRADO  
Bogotá D.C.  
2019-I

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo quiero dedicar principalmente a mi familia quien siempre ha estado ahí para mí en cada etapa transcurrida desde que tan solo era una niña hasta hoy, momento en el que estoy a punto de culminar una gran etapa de mi vida.

A mi madre por su apoyo incondicional durante mi vida, siendo un apoyo no sólo económico sino también y sobre todo moral. De su mano he atravesado grandes obstáculos y sus palabras de aliento y ánimo siempre han estado ahí en el momento indicado.

A mi hermana Juanita por confiar en mí y apoyarme aún en la distancia, su carisma y su ejemplo de valentía me incitan a seguir adelante y conseguir todas mis metas, gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y que nada es imposible sólo hay que tener ganas y luchar por lo que se quiere.

Finalmente a mi hermana Susana quien, a pesar de la distancia, me extendió una mano amiga y no me dejo desfallecer sobre todo en la última etapa de este trabajo. Gracias a ella por confiar en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecerle a mi familia por serlo el motor de mi vida y el apoyo fundamental en mi carrera.

Gracias a la profesora Jovanna Acero Godoy por su compromiso profesional para conmigo, por su confianza, apoyo y gran ayuda fue posible para el desarrollo de este trabajo.

Gracias, a la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca y a todos los profesores, maestros y doctores que fueron partícipes en esta etapa, por darme la oportunidad de construirme como profesional dándome las herramientas necesarias para ejercer esta profesión tan anhelada.

De una u otra forma quiero darle gracias a mi alma mater, La Cruz Roja Colombiana, y a todos aquellos que con sus experiencias han contribuido en mi crecimiento profesional y personal.

A todas las personas que estuvieron a mi lado colaborándome, dándome una voz de aliento, ayudándome en tantos momentos de confusión, gracias.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
TABLA DE CONTENIDO .....	3
LISTA DE GRÁFICAS .....	6
LISTA DE FIGURAS .....	7
LISTA DE TABLAS .....	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
OBJETIVOS .....	14
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1. ANTECEDENTES.....	15
2. MARCO TEÓRICO .....	23
2.1 Historia de los plaguicidas .....	24
2.2 Clasificación de los plaguicidas .....	26
2.3 Efectos nocivos de los plaguicidas.....	27
2.4 Efecto de los plaguicidas a nivel humano.....	29
2.5 Endosulfán .....	31
✓ Características físico químicas del endosulfán .....	32

✓ Persistencia .....	33
✓ Síntesis comercial .....	34
<b>2.6 Disruptores Endocrinos .....</b>	<b>37</b>
<b>2.7 Normatividad.....</b>	<b>39</b>
✓ Agua de uso y consumo humano.....	41
<b>2.8 Determinación de plaguicidas en agua .....</b>	<b>44</b>
<b>2.9 Tratamiento de aguas.....</b>	<b>45</b>
✓ Pre tratamiento .....	46
✓ Tratamientos primarios .....	46
✓ Tratamiento secundario .....	47
✓ Tratamiento terciario .....	49
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Población de estudio.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2 Métodos.....</b>	<b>51</b>
✓ Búsqueda y revisión de la información existente .....	51
✓ Clasificación de temáticas a desarrollar.....	52
✓ Organizar de forma lógica el documento .....	52
✓ Análisis de la información .....	52
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
✓ Clasificación por tema de relevancia.....	68
✓ Clasificación de referencias revisadas por continente. ....	68
✓ Porcentaje de artículos por idioma.....	70

✓ Tratamientos más utilizados para la eliminación de Endosulfán.....	70
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>72</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Clasificación de artículos por continente _____	69
Gráfica 2 Porcentaje de artículos por idioma _____	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 La Rotenona _____	25
Figura 2 Introducción de los plaguicidas en la cadena alimenticia_____	28
Figura 3 Estructura química del endosulfán_____	33
Figura 4 Síntesis comercial del endosulfán _____	35
Figura 5 Degradación del endosulfán y sus metabolitos _____	37
Figura 6 Coagulación_____	47
Figura 7 Filtro de carbón activado _____	48
Figura 8 Micro filtración _____	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características físicas del agua de uso y consumo humano _____	42
Tabla 2 Concentración máxima y total de sustancias de interés _____	43
Tabla 3 Referencias disruptores endocrinos, contaminantes emergentes y endosulfán _____	54
Tabla 4 Referencias tratamientos de agua _____	60



REVISIÓN DOCUMENTAL: “COMPARACIÓN DE LA EFECTIVIDAD EN LOS TRATAMIENTOS PARA LA ELIMINACIÓN DE ENDOSULFÁN EN AGUAS DE USO Y CONSUMO HUMANO”

## RESUMEN

Los tratamientos actuales para la potabilización de aguas, aunque logran cumplir con las normatividades vigentes, no logran eliminar todos los compuestos contaminantes. Un tipo de compuestos difíciles de eliminar son los llamados disruptores endocrinos como el endosulfán, ya que son residuos muy pequeños.

El endosulfán es un plaguicida de amplio espectro, utilizado en más de un tipo de cultivo, su uso incontrolado ha hecho que queden grandes cantidades de residuos tanto en alimentos, como en suelos y agua, los cuales pueden llegar hasta los fluviales cercanos, causando así aguas residuales de tipo agrícola.

Este proyecto se basa en la comparación de la efectividad de los distintos tratamientos que se le realizan al agua para convertirla en agua apta para el uso y

consumo humano, así mismo revisar las leyes colombianas que controlan el uso de plaguicidas y los niveles permitidos de estos en aguas.

Este estudio se realizó mediante una revisión documental en diferentes bases de datos. Siendo este tema de interés científico y sobrevivencia humana, se encontraron múltiples artículos, de los cuales por pertinencia, solo fueron trabajados 88 y más de la mitad se encuentran en idioma inglés.

En la literatura revisada se encontró que los tratamientos que se deben poner en práctica para la eliminación de este tipo de sustancias son la floculación, la filtración por carbón activado y por último la micro filtración teniendo en cuenta que cada uno de estos procesos es de diferente grado de tratamiento.

**PALABRAS CLAVE:** *Endosulfán, pesticidas, tratamientos de aguas, disruptores endocrinos, contaminantes emergentes.*

**Estudiante:** Luisa Constanza Robayo Beltrán

**Docente:** Jovanna Acero Godoy.

**Instituciones:** Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

## INTRODUCCIÓN

El Endosulfán es uno de los pesticidas con mayor espectro de acción, utilizado tanto por agricultores como por grandes empresas. Para el “cuidado” de los cultivos, este pesticida perteneciente al grupo de los organoclorados, actualmente es considerado como la causa más importante de envenenamiento de peces y moluscos. *Según otros estudios científicos es un “carcinógeno potencial en humanos, genotóxico a bacterias, a células humanas y a células de ratones, promotor de tumores, y mutagénico. Potencial de disruptor endocrino en especies acuáticas y terrestres (lista UE Grupo II) Es estrogénico y un antagonista androgénico.”*<sup>1</sup>

La vida moderna con el uso de agroquímicos impuso un gasto y deterioro de recursos naturales necesarios para la subsistencia de la vida; el ser humano naturalmente realiza procesos químicos dentro su organismo, una parte de estos procesos puede dar como resultado desechos que se comprenden en el grupo de los contaminantes emergentes, dentro de este grupo se encuentran distintos tipos de químicos que han sido resultado de procesos que pretenden mejorar la calidad de vida humana.

Con relación al control de la broca en el cultivo del café, se hizo costumbre el uso de Endosulfán para la producción colombiana. “*El uso continuado de insecticidas también conduce al desarrollo de resistencia como ha sido comprobado para el Endosulfán en Nueva Caledonia (Brun et al. 1989, Ffrench-Constant et al. 1994) y recientemente en Colombia (Góngora et al. 2001).*” Al ser indiscriminado el uso del endosulfán en cultivos de café, es conocido que en el momento de su aplicación partículas de este viajan por el aire y llegan hasta fuentes hídricas cercanas, además al practicar el lavado y limpieza del producto en este caso el café, también se generan aguas residuales de tipo agrícola.<sup>2</sup>

Por estas razones, se genera la necesidad de potabilizar el agua como una medida de gran importancia, ya que existe un sin número de enfermedades que se generan por el consumo de agua con residuos perjudiciales. El uso de aguas contaminadas no es generalmente el preferido para las grandes plantas potabilizadoras. Sin embargo, para el caso de Bogotá una de las plantas encargadas de la distribución del agua para la ciudad utiliza agua del río Bogotá. Un río conocido por su alto grado de contaminación, ya que a este llegan aguas residuales de todo tipo, entre las cuales podemos encontrar distintos tipos de contaminantes como los disruptores endocrinos, entre ellos el Endosulfán.<sup>3</sup>

En efecto, los métodos principales y más utilizados para la potabilización de estas aguas son: la sedimentación, floculación y desinfección, pero estos

tratamientos, que actualmente se utilizan para la potabilización, no son del todo efectivo cuando se utilizan por sí solos en la eliminación de contaminantes emergentes como el Endosulfán. Lo anterior, debido a los hallazgos donde se ha evidenciado que, al finalizar el tratamiento, siguen presentes varios de estos contaminantes sin sufrir ninguna modificación, las plantas de tratamiento se han visto obligadas a realizar la combinación de dos o más métodos de purificación, para poder obtener agua de alta calidad, que cumpla las características, para ser de uso y consumo humano, entre los cuales podemos encontrar la combinación de la floculación en la que se agregan las partículas más pequeñas para formar partículas de mayor tamaño, la filtración por carbono activado en la que las partículas de materia contaminante se adhiere al filtro de carbón y finalmente la micro filtración en la que se retienen partículas de tamaños pequeños que no han sido retenidas en los dos procesos anteriores.

Se realizó una búsqueda de artículos en diferentes bases de datos en las cuales se encontró gran cantidad de artículos en los que se evidenciaron diferentes tratamientos utilizados no solo en Latinoamérica sino en todo el mundo con lo cual se comprobó que los tratamientos utilizados en lo que llamamos países desarrollados no difieren con los tratamientos utilizados en Latinoamérica.

Por consiguiente, es necesario conocer ¿Cuál de los tratamientos existentes o cual de las combinaciones posibles es el/la más efectivo/efectiva para la eliminación de Endosulfán en aguas de uso y consumo humano?<sup>4</sup>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar una revisión documental acerca de la efectividad en los tratamientos de eliminación de Endosulfán presente en aguas de uso y consumo humano.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir las características fisicoquímicas y biológicas del endosulfán, y el reporte de su uso en Latinoamérica.
- Identificar los métodos utilizados para la eliminación de Endosulfán en aguas de uso y consumo humano en Latinoamérica.
- Realizar una revisión literaria de los distintos tratamientos y su efectividad en la eliminación de Endosulfán.

## 1. ANTECEDENTES

- En Colombia en junio del presente año Iván Mauricio Huérfano y Jairo Arturo Guerrero se interesaron en validar metodologías que permitieran el análisis de los residuos agrícolas; el estudio se enfocó en la validación de un método cualitativo rápido (screening) para la detección de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas. La metodología se basó en el método de extracción QuEChERS, versión europea, con un paso adicional de limpieza por cromatografía de permeación por gel, lo cual permitió reducir la cantidad de componentes de la matriz en el extracto final. El análisis fue realizado por cromatografía de gases/espectrometría de masas. La metodología resultó adecuada para el análisis cualitativo de 31 plaguicidas entre los cuales se encuentra el endosulfán, Los resultados en muestras reales fueron consistentes respecto a una metodología cuantitativa de rutina, por ende, la metodología resultó ser una buena alternativa para el análisis rápido de este tipo de contaminantes.<sup>5</sup>
- Ronald Munze y colaboradores en el año 2017 en Alemania, decidieron comprobar qué tan efectivo eran los tratamientos para la eliminación de plaguicidas en aguas, para lo cual tomaron muestras del agua antes y después del procesamiento en 7 plantas de tratamiento de aguas residuales en áreas rurales y suburbanas de Alemania central. También evaluaron los efectos ecológicos utilizando el sistema de indicadores biológicos SPEAR (Species At Risk). Las muestras fueron tomadas en un

periodo de tiempo de 10 semanas, en las cuales se encontraron que cinco de las siete plantas participantes en el estudio, presentaron un aumento de toxicidad de los plaguicidas. En general, se observaron efectos ecológicos considerables por encima del umbral regulador, llegando a la conclusión que se debían mejorar los tratamientos en las plantas para disminuir los niveles de plaguicidas y otros contaminantes. <sup>6</sup>

- En el año 2015 Revatee M. Burkul y colaboradores, describieron el gran problema que tienen las aguas residuales de agroquímicos enfocándose principalmente en la india pero teniendo en cuenta el contexto mundial, las ventajas y desventajas del uso de pesticidas como contención de enfermedades y los problemas de salud, que pueden ser causados por una exposición prolongada a éstos. Este grupo de investigadores se cuestionó sobre cuál de los métodos es el más efectivo para la eliminación de plaguicidas en aguas residuales de la India, llegando así a la conclusión que la combinación del método de coagulación con el de absorción, es la técnica más eficaz para la eliminación de plaguicidas en aguas residuales, y los que tiene más probabilidades de ponerse en uso gracias a su bajo costo y consumo de energía. <sup>7</sup>
- Jairo Guerrero en el año 2014 en Bogotá, realizó una comparación entre dos metodologías para la extracción de plaguicidas en agua. Se evaluaron la extracción en fase sólida y la extracción en fase líquida, observando la capacidad de detección y cuantificación, el resultado de la extracción en

fase líquida ofreció más utilidad para pesticidas de la familia de organoclorados y la extracción en fase sólida fue más efectiva para pesticidas de la familia de organofosforados, la recuperación en ambos métodos fue entre 70% y el 120%. Además, se encontró que la familia de pesticidas monocrotofos superaba los límites ( $1,00 \times 10^{-4}$ ) mg/l permisibles en la normatividad colombiana.<sup>8</sup>

- En 2014, Candelaria Tejada realizó una revisión acerca de los aspectos importantes respecto a los contaminantes emergentes entre los que se encuentran los disruptores endocrinos y su detección; así mismo, del origen de los diversos contaminantes emergentes y sus efectos, las técnicas instrumentales para su identificación y cuantificación, donde se concluyó que los contaminantes emergentes, que han afectado procesos biológicos, sobrepasan los límites de los tratamientos de potabilización cuando se utilizan individualmente; de ahí se discuten las limitaciones de los tratamientos y sus efectos no solo en aguas residuales sino también en aguas de consumo humano, además de mostrar la importancia de realizar revisiones de los contaminantes emergentes que se encuentran en Colombia .<sup>3</sup>
- En 2013, Andrea Mojica, investigó sobre el movimiento de los residuos de fungicidas. Al ser la cuenca del lago Tota una de las principales zonas de cultivo de cebolla y tener una altitud de páramo, se favorece la proliferación de hongos, y por esta razón se utilizan distintos tipos de plaguicidas y

fungicidas que llegan a los diferentes cuerpos de agua cercanos que alimentan el lago Tota. Por esta razón se evaluó el movimiento de los residuos de los fungicidas durante 7 meses, y se encontró que la mayoría de las muestras presentan concentraciones dentro de los rangos de cuantificación los cuales se encontraban entre 4,27ng/l a 102,95ng/l, y se correlacionan con datos obtenidos en otros estudios, solo dos muestras superaron los límites de cuantificación las muestras fueron tomadas en la última campaña de muestreo lo que indica que en ese periodo de tiempo el uso de los fungicidas aumento. <sup>4</sup>

- Natalia Othax en 2013, analizó los contaminantes no carcinogénicos utilizando un modelo básico de análisis, considerando: la edad, el uso al cual estaba destinado el suelo y el tipo de exposición. Los niveles encontrados se compararon con la normatividad vigente ese año en Argentina, para lo cual concluyó que el agua de uso recreativo no presentaba ningún riesgo de alto nivel, pero al ser de consumo, ya que el valor estaba entre 0,009 a 0,5 mg/L y para consumo es de 0,01mg/L el riesgo aumentaba. <sup>9</sup>
- En 2013, Karen Alejandra Bueno realizó una identificación de los peligros químicos en las cuencas de abastecimiento, y al ser esta base fundamental para el suministro de agua potable, es de vital importancia identificar los factores de riesgo para su calidad del agua. Se encontró, según el uso del suelo cercano a la cuenca alta del río Cauca, 14 plaguicidas de importancia,

entre los cuales podemos encontrar el Endosulfán I y Endosulfán II, llegando así a la conclusión que *“la identificación de los peligros químicos permite recomendar que para controlar el riesgo químico en la cuenca, tanto los organismos de control ambiental como los usuarios de la fuente consideren estas variables en programas de monitoreo que les permitan evaluar de manera permanente el potencial riesgo que su presencia pueda causar y tomar medidas necesarias para evitarlo”* y además que el tramo evaluado no cuenta con barreras de tratamiento adecuado para la eliminación de residuos químicos. <sup>10</sup>

- Mariam T. Al Hattab y Adbel E. Ghanly en el año 2012, investigaron acerca de los beneficios de los plaguicidas, puesto que estos controlan organismos que compiten con el hombre y causan daño no solo a los humanos sino también a los animales y plantas. Sin embargo, al no ser comestibles, deben ser lavados antes de llegar al consumidor, lo que genera aguas residuales tóxicas que deben ser tratadas con mucha precaución, visto que generan efectos como: irritación en la piel, ojos y cáncer de piel. Los autores realizaron una revisión de la efectividad de los tratamientos de eliminación de pesticidas hasta el momento utilizados, pero todos presentaban un nivel de contaminación secundaria que no se elimina del todo, es decir, la metodología por incineración produce vapores que pueden llegar a tener cierto grado de contaminación. <sup>11</sup>

En este artículo trabajado por Mariam T. Al Hattab y Adbel E. Ghanly se realizó una comparación entre 18 métodos para saber cuál sería el más

seguro y que elimine efectivamente los plaguicidas a un bajo costo. Entre los 18 métodos analizados llegaron a la conclusión que solo 9 eran asequibles (absorbentes orgánicos, compostaje, bioaumentación, absorbentes inorgánicos, oxidación de fenton, O<sub>3</sub>/uv, carbón activado, hidrólisis) para ser realizados en granjas, debido a que tenían un alto grado de eliminación de plaguicidas y eran seguros para las personas, animales y plantas.<sup>10</sup>

- En el año 2012 Edson Estrada decide buscar la forma más efectiva de erradicación de disruptores endocrinos como los estrógenos, que son eliminados por el hombre en aguas residuales a través de birreactores con membrana, sumergidos. Éste es un posible tratamiento de eliminación de este tipo de compuestos ya que se realizan con membranas de diámetros muy pequeños capaces de retener moléculas de tamaños microscópicos y removiendo entre el 11 y el 24% de este tipo de compuestos.<sup>12</sup>
- En 2012 Myrian Gil escribió un artículo sobre los contaminantes emergentes (pesticidas, productos farmacéuticos, drogas ilícitas, compuestos de “estilo de vida”, aseo personal entre otros), sus diferentes orígenes, su presencia en fuentes de abastecimiento de aguas, aguas subterráneas e incluso en aguas potables, sus efectos ambientales y los posibles tratamientos; entre los cuales se hace énfasis en los tratamientos fisicoquímicos y biológicos de forma combinada ya que fueron los que mostraron mayor eficacia al momento de la eliminación de este tipo de contaminantes.<sup>13</sup>

- Alejandra Salcedo Monsalve, en el año 2011 realizó la determinación de los niveles de plaguicidas en humanos (promedio de 1,25ug/L), aguas (promedio de 14,3ug/L), y en el pez capitán (promedio de 115,2ug/k) encontrados en la ribera del río Bogotá en el municipio de Suesca. Al realizar esta determinación, se hallaron, en la mayoría de las muestras, niveles importantes de un tipo de plaguicidas pertenecientes al grupo de organoclorados y se determinó que el contacto por el cual los humanos adquieren estos niveles en su organismo no es solamente por la exposición y consumo del agua sino también por la exposición constante a la que se enfrentan estos peces que son alimento de base para los habitantes del sector. <sup>14</sup>
- En el año 2011, Mynor Romero, habla sobre los tratamientos convencionales de potabilización, que consisten en la eliminación de compuestos volátiles, la precipitación con floculantes para la eliminación de impurezas y finalizar con la desinfección con métodos como la ozonización. Estas metodologías logran llevar el agua a niveles consumibles, pero, aun así, no son capaces de eliminar contaminantes de tipo molecular como lo son los disruptores endocrinos <sup>15</sup>
- Tanweer Ahmad y colaboradores en el año 2010 realizaron una revisión de 191 artículos acerca del uso de diferentes tipos de absorbentes, para la eliminación de pesticidas en aguas residuales, ya que los residuos de los pesticidas pueden aparecer en aguas y causar impactos no deseados en la

salud humana debido a su alto grado de toxicidad. En esta revisión se demostró que los absorbentes de bajo costo poseen una gran capacidad de eliminación de plaguicidas, pero aun así existe un mínimo residuo que a largo plazo puede causar efectos no deseados. <sup>16</sup>

## 2. MARCO TEÓRICO

Plaguicida se entiende como una sustancia o mezcla de sustancias de carácter orgánico o inorgánico, utilizadas para controlar plagas o parásitos que atacan los cultivos, el ganado, animales domésticos o insectos portadores de enfermedades perjudiciales para el hombre.<sup>17</sup>

Los plaguicidas tienen varias formas de clasificarse. Pueden distinguirse según a qué va dirigida su acción, es decir, si es tóxico para insectos, hierbas, hongos o roedores. También según las acciones que utilicen para la destrucción de su blanco, pueden ser atrayentes, esterilizantes y repelentes. También orgánicos e inorgánicos de estos dos ambientalmente se prefiere el uso de los plaguicidas orgánicos ya que no son tóxicos, entrando a equilibrar el ciclo de vida del ecosistema.<sup>16, 18</sup>

Para que un plaguicida sea útil debe cumplir 6 condiciones:

- Efectividad: debe actuar y destruir la plaga para la que está diseñado.
- Selectividad: deber actuar contra los organismos para los que está diseñado sin causar destrucción a otros organismos presentes.
- Economía: la relación beneficio costo debe ser equivalente, por lo cual no debe producir pérdidas económicas.

- Seguridad: su espectro de acción no debe ser tóxico para plantas ni debe representar peligro para la salud humana, animales u otros seres vivos.
- Estabilidad: no debe cambiar su capacidad de acción durante un tiempo determinado, eso dependerá de la casa comercial y del tipo de plaguicida.
- Posibilidad de formulación: debe ser compatible con más de un diluyente y asegurar que la dilución será estable y efectiva.

A pesar de que se exige que cumplan estas condiciones para salir al mercado muchos plaguicidas han demostrado gran eficacia o estabilidad, por lo cual han salido al mercado sin importar su nivel de toxicidad o el grado de contaminación que producen sus residuos. En Colombia se utiliza el Endosulfán según Resolución 10255 de 1993 y Resolución 01669 de 1997 del Ministerio de Salud. “únicamente para el control de la broca del café, hasta tanto se disponga de evidencia técnica de un sustituto de eficacia comparable” <sup>2,19</sup>

## **2.1 Historia de los plaguicidas**

El uso de los plaguicidas se ubica a principios del siglo pasado, y podemos distinguir tres fases en su desarrollo histórico:

- 1) La primera fase marca el descubrimiento, accidental o experimental, de la acción plaguicida de algunos compuestos como el azufre, los arseniatos, el sulfato de cobre, entre otros. Es una época de avances lentos.

- 2) La segunda fase presenta un desarrollo más rápido y tiene su punto de partida en 1922, año en que en Holanda se introduce el uso de los aceites insecticidas. Durante este período se descubre la acción del pelitre una planta con cierta acción repelente contra algunos organismos y la rotenona es una sustancia natural de acción insecticida (cf. Figura 1).

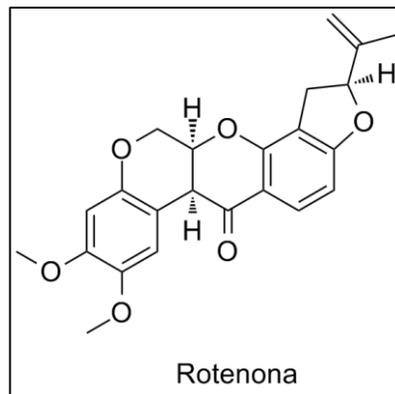


Figura 1 La Rotenona

Figura 1 La Rotenona Tomada de:

<https://uniquim.iquimica.unam.mx/compuesto-item/rotenona-2/>

- 3) Finalmente, la tercera fase se inicia con el descubrimiento de las propiedades insecticidas del Dicloro Difencil Tricloroetano (DTT), realizado por Müller en 1940; en ella se sucede con rapidez los descubrimientos de nuevos plaguicidas, y se desarrollan las bases científicas de investigaciones posteriores.

El primer éxito del DTT fue su efectividad contra los piojos portadores del tifus que atacaba a los soldados en los campos de batalla durante la Segunda Guerra Mundial. Simultáneamente en Francia e Inglaterra se descubrió la acción

insecticida del HCH (hexaclorociclohexano); y pocos años más tarde en Alemania, Schrader sintetizaba los primeros insecticidas organofosforados.<sup>16, 20</sup>

## 2.2 Clasificación de los plaguicidas

La principal diferencia entre los plaguicidas y los pesticidas es que los primeros se utilizan para destruir la plaga y se aplica en cuanto se presentan síntomas en el cultivo y los pesticidas son de uso periódico para la prevención.

Según tablas de “*Sandra Jaquez, Laura Gonzales, Rafael Campuzano, Victor Ortega; Comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente; 2013*”, los plaguicidas se clasifican según el origen en familias químicas, el Endosulfán se ubica con los órganoclorados junto con el DDT, Aldrín y Endrín; según la toxicidad se clasifican en: **Clase IA** Extremadamente Peligroso, **Clase IB** Altamente Peligroso, **Clase II** Moderadamente peligroso, **Clase III** Ligeramente peligroso. La clasificación de los plaguicidas en el mundo está dada por la OMS (Organización Mundial de la Salud) pero aun así en algunos países se realizan clasificaciones independientes como en Cuba:<sup>16, 17</sup>

**“Plaguicidas clase “A”:** son aquellos extremadamente tóxicos, por lo cual no se recomienda el contacto con la piel, su ingestión o su contacto directo con las vías respiratorias algunos plaguicidas clasificados en este grupo son: ácido cianhídrico, el bromuro de metilo, dibromuro de etilo, acrilonitrilo y monofluoracetato de sodio o 1080, entre otros.<sup>16</sup>

**Plaguicidas Clase "B":** son plaguicidas que no tienen una toxicidad tan alta como los de Clase A, pero si son utilizados de forma incorrecta pueden causar intoxicaciones en este grupo podemos encontrar: gusatión, asuntol, heptacloro, baygón, nitrobenzeno y fluoruro de sodio. <sup>16</sup>

**Plaguicidas Clase "C":** son los plaguicidas de menor toxicidad, aunque de igual cuidado al momento de su utilización. En este nivel se encuentran: toxafeno, nabam, clordano, lindano, BHC, diazinón, pentaclorofenol, oxalato de sodio, entre otros. <sup>16</sup>

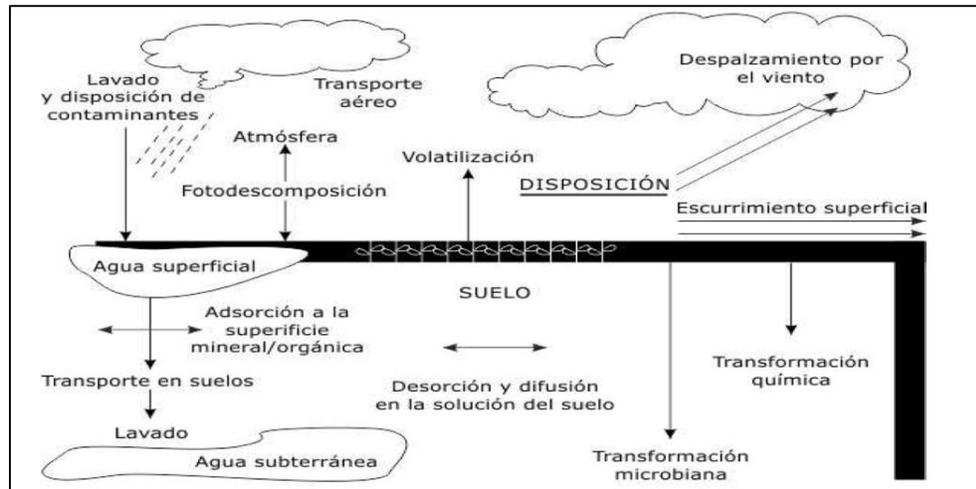
**Plaguicidas Clase "D":** son los plaguicidas de más baja toxicidad, sin embargo, para su manipulación se recomienda el uso de elementos de protección personal en este grupo se encuentran: DDT, aphidán, captán, baftol, ferbán, ziram, maneb, entre otros." <sup>16</sup>

### **2.3 Efectos nocivos de los plaguicidas.**

Los plaguicidas todos poseen un alto grado de toxicidad para algunos organismos vivos (puesto que es su objetivo principal, eliminar organismos vivos que perjudican el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas y bacterias portadoras de enfermedades al consumirlas) son tóxicos para los seres humanos, aunque las consecuencias no sean evidentes de manera inmediata.

La contaminación ambiental producida por el uso de plaguicidas se da por la aplicación directa a los cultivos (cf. Figura 2), los residuos que quedan el suelo, la manipulación incorrecta, los restos de estos plaguicidas se convierte en

contaminantes para el ambiente, incluyendo los sistemas bióticos y abióticos, causando así la alteración del ecosistema.<sup>21</sup>



**Figura 2 Introducción de los plaguicidas en la cadena alimenticia**

Figura 2 Introducción de los plaguicidas en la cadena alimenticia tomada de: Dra. Asela M del Puerto, Dra. Susana Suarez, Lic. Daniel E. Palacio; Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud, Rev Cubana Hig Epidemiol (52) (3) 2014.

La distribución de los plaguicidas depende de su nivel de solubilidad, entre más soluble sea el compuesto químico más se introducirá este en la cadena alimenticia hasta que acumule los niveles necesarios para causar daño y afectará progresivamente el ecosistema en el que se encuentra y la salud de los seres vivos que consuman cualquier alimento que allá tenido contacto con los restos del plaguicida. El agua, usualmente, se conoce como un líquido inodoro y sin sabor, pero los plaguicidas pueden darle olores y sabores desagradables, aguas de este tipo son naturalmente rechazadas por el hombre para su consumo por lo que se convierten en aguas inapropiadas desde el punto de vista organoléptico.<sup>22</sup>

Los mecanismos de contaminación que tienen los plaguicidas para llegar al agua son:

- *“Por aplicación directa a los cursos de agua, para el control de plantas acuáticas, insectos o peces indeseables.*
- *Por infiltración a los mantos de agua subterráneos o escurrimiento superficial a ríos, arroyos, lagos y embalses desde las zonas agrícolas vecinas.*
- *Por aplicación aérea sobre el terreno.*
- *Por descarga de aguas residuales de industrias productoras de plaguicidas.*
- *Por descargas provenientes del lavado de equipos empleados en la mezcla y aplicación de dichos productos, como puede ocurrir en los aeropuertos de fumigación aérea al regreso de los vuelos, en el proceso de descontaminación de los aviones y sus equipos de aplicación de plaguicidas.”<sup>16</sup>*

#### **2.4 Efecto de los plaguicidas a nivel humano**

El contacto de los seres humanos con estas sustancias está determinado según el uso, se pueden encontrar en el medio laboral, doméstico, lugares destinados a recreación o alimentos que de una u otra forma han llegado a contener un nivel de toxicidad importante, pero estas no son las únicas formas de contacto que tienen los plaguicidas con el hombre también se tiene el contacto directo por vías de exposición como respiratoria, digestiva y dérmica.<sup>23</sup>

Los plaguicidas pueden causar efectos agudos (contacto en corto tiempo) que se pueden presentar como intoxicaciones sistémicas o localizadas; y efectos crónicos (contacto por tiempo prolongado) que se presentan como patologías vinculadas a exposición de bajas dosis por largo tiempo.

También se refiere a exposición directa en el caso de los trabajadores de las fábricas de plaguicidas, operarios y agricultores que usen este tipo de químicos, y exposición indirecta en el caso de consumidores de estos alimentos, residentes de las zonas agrícolas y viajeros que pasen por estas zonas.<sup>24</sup>

La toxicidad de los plaguicidas para los humanos se puede expresar en cuatro formas:

- 1) **Toxicidad oral aguda:** se refiere a la ingestión de un plaguicida en una dosis mortal o tóxica que puede causar efectos negativos en el ser vivo que lo consuma.
- 2) **Toxicidad dérmica:** se refiere a los riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida por la piel, aunque requiere dosis mucho mayores que las ingeridas oralmente.
- 3) **Toxicidad por inhalación:** se produce al estar presente en ambientes con altos niveles de plaguicidas aplicados en forma aérea, los niveles de exposición para causar intoxicación deben ser muy altos, sin embargo, la exposición repentina puede causar problemas respiratorios.
- 4) **Toxicidad crónica:** se presenta en las exposiciones continuas a dosis bajas de los plaguicidas, las cuales se pueden dar al consumir alimentos

que han sido tratados con plaguicidas o que han sido regados con agua contaminada. Las alteraciones más importantes a considerar son: problemas reproductivos, cáncer, trastornos del sistema neurológico, efectos sobre el sistema inmunológico, alteraciones del sistema endocrino.

## **2.5 Endosulfán**

El Endosulfán es un plaguicida de uso restringido, perteneciente al grupo de los organoclorados. Puede encontrarse de dos formas químicas diferentes llamadas  $\alpha$ - y  $\beta$ -. (cf. Ilustración 3). Es un sólido de color crema a pardo y apariencia de cristales o escamas, con un olor particular parecido al olor del terpeno. Ha sido prohibido en más de 50 países.

Su uso se inicia en la década de los 50, gracias a su amplio espectro se convierte en uno de los plaguicidas más usados en cultivos vegetales, frutales, de arroz, algodón, té, café, tabaco y como preservante para maderas por su acción contra la mosca tse-tse y termitas.<sup>16, 24</sup>

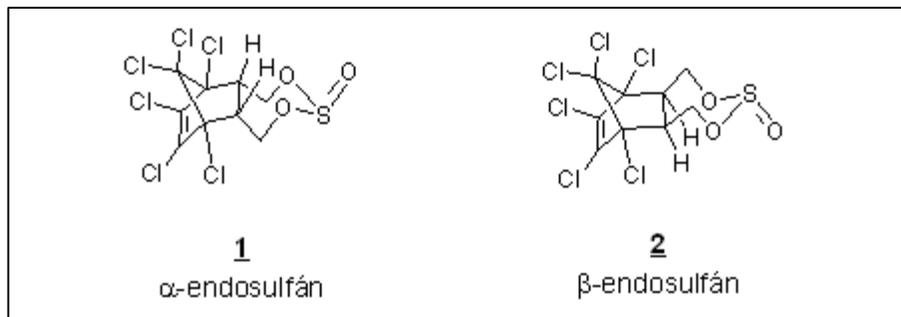
Este plaguicida salió al mercado en una época en la que la mayor preocupación era la evolución, por lo cual no había preocupación por los recursos naturales. Pero, en la actualidad ha sido considerado como la causa más importante de envenenamiento por plaguicida para animales como peces y moluscos, también es considerado como una sustancia sintética xenoestrogenica, que imita o aumenta la acción de los estrógenos por lo cual es considerado como disruptores endocrino altamente tóxico en exposición aguda.<sup>25</sup>

El nombre dado por la IUPAC para este químico es 3-Oxido 6,7,8,9,10,10-hexacloro- 1, 5, 5a, 6, 9, 9a- hexahidro-6,9-metano- 2,4,3- benzodioxatiepina, y su fórmula química se presenta como C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>6</sub>O<sub>3</sub>S

El Endosulfán actúa como un neurotóxico para insectos y maiceros incluidos los humanos, los síntomas de envenenamiento agudo se presentan como hiperactividad, temblores, convulsiones, falta de coordinación, dificultad respiratoria, náuseas, vómito, diarrea y en casos severos inconciencia, se han presentado casos de intoxicación de dosis bajas (35 mg/kg) que han causado muerte en humanos, y la exposición crónica puede causar daños cerebrales permanentes.<sup>26</sup>

#### ✓ **Características físico químicas del endosulfán**

*“Cristales de color café, con olor similar a terpeno. Su punto de ebullición es igual a 106° C a 0.7 mm Hg y su punto de fusión a 106 °C. Tiene una densidad relativa igual a 1.745 a 20 °C. Su solubilidad en agua es igual a 0.53 mg/L a 25 °C. Es soluble en xileno, keroseno, cloroformo, acetona y etanol. Su presión de vapor es igual a 6.2x10-6 mm Hg a 20 °C. Esta sustancia se descompone al calentarse, produciendo vapores tóxicos que incluyen a los óxidos de azufre y al cloro. Reacciona con bases, causando peligro de intoxicación por los vapores de dióxidos de azufre que produce. Es corrosivo al hierro”<sup>27</sup>*



**Figura 3 Estructura química del endosulfán**

Fuente: Luz Adriana Betacourt, la problemática del Endosulfán, aspectos químicos, analíticos y ambientales, 2013 disponible en: [www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf)

#### ✓ **Persistencia**

*“Durante su aplicación es emitido al aire, en el cual puede viajar largas distancias asociado a las partículas. En el suelo es moderadamente persistente (vida media de 50 días), sobre todo a pH ácido. El α-Endosulfán es menos persistente que el β-Endosulfán, con períodos de degradación a pH neutro que duran 35 y 150 días respectivamente. Ambos isómeros son relativamente resistentes a la fotólisis, no así sus productos de degradación (sulfato de Endosulfán y diol Endosulfán). La fracción disponible en suelos es degradada biológicamente en semanas, formando sulfato de Endosulfán como el metabolito más importante, el cual es relativamente estable y persistente. Por su parte, la fracción adsorbida a las partículas puede persistir por años y es poco propensa a lixiviarse hasta las aguas subterráneas. Su vida media en el agua es de 4 días, sobre todo con exposición solar; no obstante, su degradación puede prolongarse significativamente bajo condiciones anaeróbicas y pH ácido. En agua el principal*

*metabolito formado es el diol Endosulfán. En este medio es susceptible de sufrir una hidrólisis lenta. Este compuesto tiene menor afinidad por los lípidos que otros plaguicidas organoclorados, por ello su bioacumulación y biomagnificación son menos probables. En muchos organismos (moluscos, algas, peces y mamíferos) expuestos a concentraciones subletales de este plaguicida, se acumula hasta alcanzar una fase estacionaria; sin embargo, no persiste en sus tejidos una vez que desaparece la fuente de exposición, ya que es metabolizado rápidamente en hígado y riñón para ser eliminado del cuerpo. En las plantas es transformado a sulfato. En la mayoría de las frutas y vegetales, 50% de sus residuos desaparecen en 3 a 7 días”<sup>27</sup>*

#### ✓ **Síntesis comercial**

*“La síntesis comercial de endosulfán más conocida se lleva a cabo a través de dos etapas: (1) la reacción de Diels-Alder del hexaclorociclopentadieno 3 con cis-2-buten-1,4-diol 4 en xileno dando lugar a la mezcla de los dos estereoisómeros a y B del respectivo aducto cis-diol (productos 5 y 6); (2) la reacción de la mezcla estereoisomérica del cis-diol resultante (5 y 6) con cloruro de tionilo para formar el producto final (cf. Figura 4)”<sup>24</sup>*

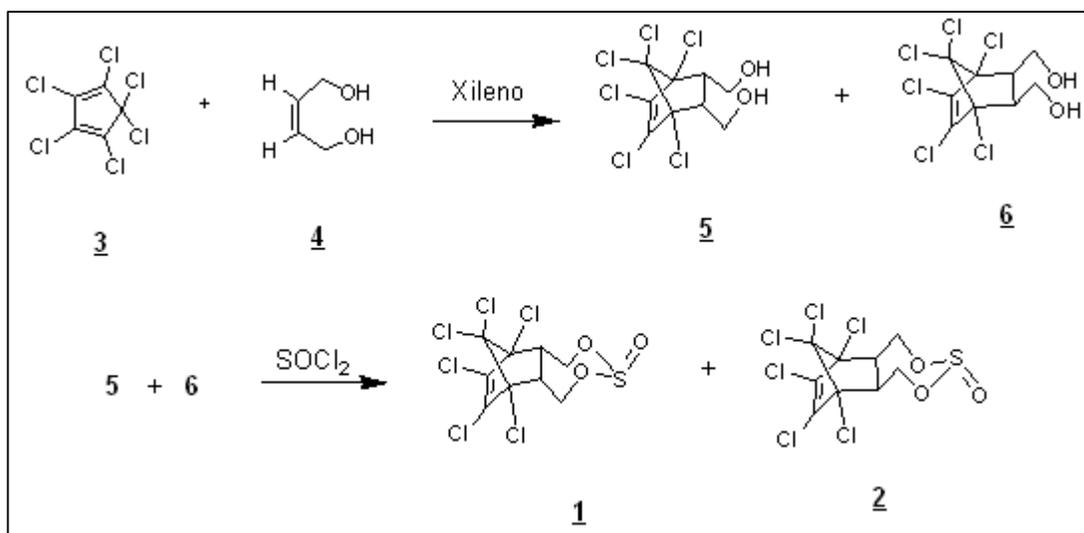


Figura 4 Síntesis comercial del endosulfán

Fuente: Luz Adriana Betacourt, la problemática del Endosulfán, aspectos químicos, analíticos y ambientales, 2013 disponible en: [www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf)

“El tiempo que tarda la descomposición de una sustancia hasta un 50% del valor inicial se conoce como valor DT50. En condiciones de laboratorio, el valor DT50 reportado para la degradación aeróbica de los isómeros a + B del endosulfán en el suelo oscila entre 25 y 128 días. El respectivo valor DT50 para el endosulfán-sulfato está en el rango de 123 a 391 días, generando niveles altos de endosulfán-diol y endosulfán-lactona.”<sup>24</sup> Este compuesto puede ser degradado en dos velocidades diferentes según sugiere los diferentes tiempos de degradación, así mismo durante el proceso de conversión a endosulfán-sulfato y a endosulfán-lactona se incrementa el potencial de bio-acumulación, por estas razones es necesario que en los procesos de eliminación se tengan en cuenta estos metabolitos ya que también son altamente tóxicos.<sup>24</sup>

*“La transformación aeróbica del endosulfán 1 y 2 se produce a través de la oxidación mediada biológicamente. Se degrada rápidamente hasta sus metabolitos y persiste por más tiempo bajo condiciones de mayor acidez. El metabolito principal que se forma es el endosulfán-sulfato 7 (isómeros a y B), que luego se degrada lentamente a los metabolitos más polares: endosulfán-diol 8 (isómeros a y B), endosulfán-éter 9 (isómeros a y B) y endosulfán-lactona 10 (isómeros a y B).*

*Los isómeros (a y B) se transforman en los respectivos derivados endosulfán-diol 8, ya sea directamente o a través de endosulfán-sulfato 7. Luego los isómeros a y B endosulfán-diol se degradan en un conjunto de metabolitos relacionados, que incluyen: endosulfán-éter 9, endosulfán-ácido hidroxicarboxílico y endosulfán-lactona 10 y endosulfán-hidroxiéter 11 (cf. Figura 5)”<sup>24</sup>*

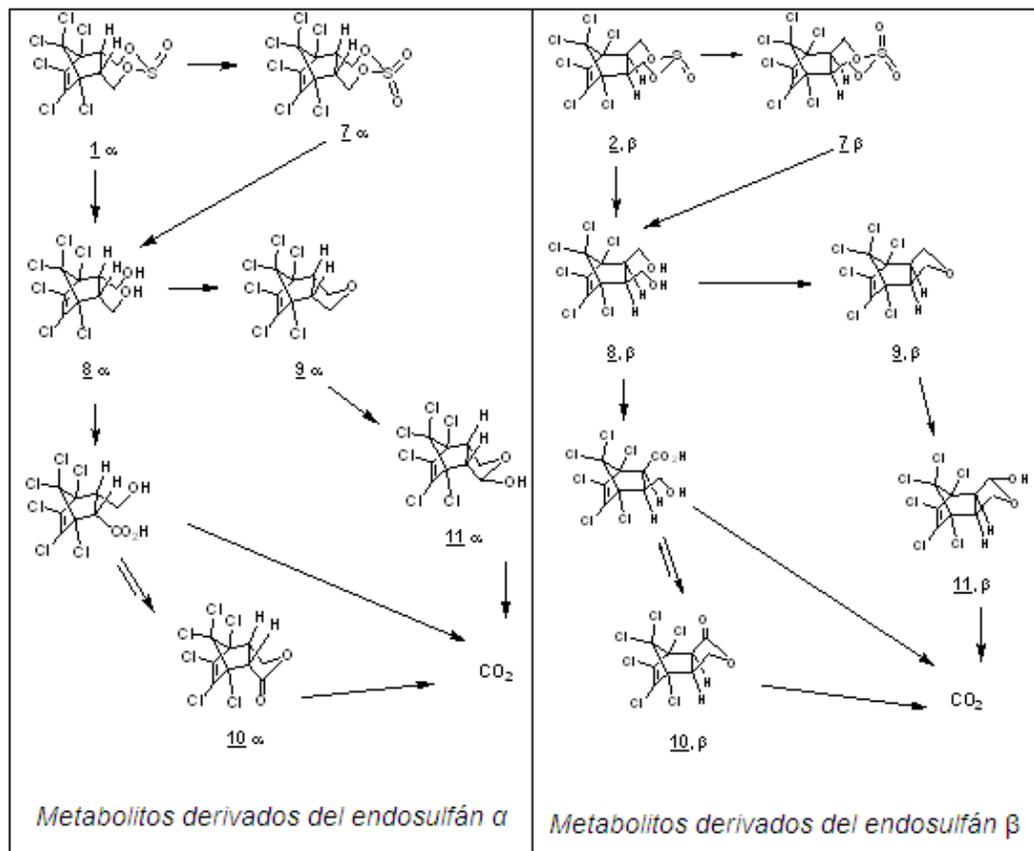


Figura 5 Degradación del endosulfán y sus metabolitos

Fuente: Luz Adriana Betacourt, la problemática del Endosulfán, aspectos químicos, analíticos y ambientales, 2013 disponible en: [www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf)

## 2.6 Disruptores Endocrinos

Al ser el endosulfán un contaminante persistente en aguas puede llegar a ser consumido por los seres humanos, además es reconocido como disruptor endocrino ya que tiene altas capacidades de interrumpir el proceso hormonal reproductivo normal.

*“Los disruptores endocrinos pueden imitar total o parcialmente hormonas naturales en el cuerpo como los estrógenos (la hormona sexual femenina), los andrógenos (la hormona sexual masculina) y las hormonas tiroideas, lo que puede producir una sobreestimulación. Se une a un receptor dentro de una célula y bloquea la unión de la hormona endógena. La señal normal no se produce y el cuerpo no responde correctamente. Los ejemplos de sustancias químicas que bloquean o antagonizan las hormonas son los antiestrógenos y los antiandrógenos. Interfieren o bloquean la forma en que se fabrican o controlan las hormonas naturales o sus receptores, por ejemplo, alterando su metabolismo en el hígado”<sup>28</sup>*

“Pueden causar problemas de salud en muchas maneras diferentes:

- Actuar como hormonas naturales y engañar a nuestro cuerpo para que responda inapropiadamente. Por ejemplo, el cuerpo podría producir hormonas sexuales en exceso antes de la pubertad.
- Interferir en la función de las hormonas, causando que el cuerpo responda incorrectamente.
- Causar que el sistema endocrino produzca muy poco o mucho más de una hormona en particular, como por ejemplo la producción reducida de insulina.
- Estudios en animales han demostrado que los disruptores endocrinos afectan al sistema nervioso (cognitivo), la salud reproductiva (problemas de fertilidad y pubertad precoz), causan cáncer de ovario, próstata y mamario, así como

obesidad, diabetes y problemas cardiovasculares. Esto causa preocupación en relación a sus efectos en la salud de los humanos”.<sup>29</sup>

## **2.7 Normatividad**

El Endosulfán es clasificado por la AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL, en inglés ENVIROMENT PROTECION AGENCY o sus iniciales EPA como tóxico de clase IB (altamente tóxico), la Unión Europea también lo clasifica en esta categoría, pero la OMS lo pone en la categoría II (moderadamente tóxico), mientras que el Centro de Evaluación de Sustancias Tóxicas Persistentes para la región del Océano Índico lo clasifica como IA (extremadamente peligroso)<sup>28</sup>

Las dosis de referencia dadas por la EPA para intoxicación por exposición agua son de 0.015mg/kg para adultos y 0.0015 mg/kg para niños y por exposición crónica son de 0.006mg/ (kg. Día) y de 0.0006mg/ (kg. Día).<sup>28</sup>

El Convenio de Estocolmo concluye en su informe que: “Sobre la base de sus propiedades inherentes y dada su amplia presencia en compartimentos ambientales y en la biota de regiones remotas, y considerando, además, la incertidumbre vinculada a la función aun insuficientemente entendida de los metabolitos que conservan la estructura química del endosulfán, se llega a la conclusión de que, como resultado de su transporte a larga distancia en el medio ambiente, es probable que el endosulfán pueda llegar a producir efectos perjudiciales importantes para la salud humana y el medio ambiente, en un grado tal que se justifique la adopción de medidas a nivel mundial.”<sup>30</sup>

En el decreto 15-94 de 1984 clasifica el endosulfán y sus metabolitos como sustancia de interés sanitario:

“El Ministerio del Medio Ambiente y CORPOICA, desarrollaron, durante el año 1.997, una metodología que busca evaluar el impacto ambiental de los plaguicidas, la cual fue presentada como un insumo a la comunidad andina para la elaboración del manual técnico (Decisión 436)... El Decreto No. 1594 de 1.984 establece los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso en la preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y aguas marinas o estuarinas, según la tabla de (Valores letales de algunos plaguicidas en las fuentes de agua (mg./L), en Organoclorados es del 0.001 de Concentración de ingrediente activo)... De otra parte, el Decreto 475 del 10 de marzo de 1.998 promulgado por el Ministerio de Salud y modificadorio del Decreto 2105 de 1.983, establece las concentraciones máximas admisibles para los plaguicidas en el agua potable.<sup>29</sup>

Cuando por inconvenientes o imposibilidades técnicas de realizar los análisis correspondientes y/o mientras se implementan las metodologías analíticas respectivas, las personas prestadoras del servicio de acueducto, mínimo realizarán trimestralmente (o en caso de emergencia sanitaria y/o que a juicio de la autoridad sanitaria se requieran), análisis de sustancias indicadoras de la eventual presencia de plaguicidas y/u otros componentes considerados.”<sup>31</sup>

✓ **Agua de uso y consumo humano**

*“AGUA POTABLE O AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es aquella que por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano .Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.”<sup>32</sup>*

*“SUSTANCIAS POTENCIALMENTE TÓXICAS: Son aquellas de origen natural o sintético que pueden ocasionar efectos nocivos a organismos con los cuales entran en contacto. Incluye sustancias utilizadas en actividades domésticas, producción de bienes o servicios y **plaguicidas**, que pueden estar presentes en el agua para consumo humano.”<sup>32</sup>*

*“ARTÍCULO 2º.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación (cf. tabla1):*

Tabla 1 Características físicas del agua de uso y consumo humano

<b>Características físicas</b>	<b>Expresadas en</b>	<b>Valor máximo aceptable</b>
<b>Color aparente</b>	Unidades de platino cobalto (UPC)	15
<b>Olor</b>	Aceptable o no aceptable	Aceptable
<b>Sabor</b>	Aceptable o no aceptable	Aceptable
<b>Turbiedad</b>	Unidades nefelométricas de turbiedad	2

Tabla 1 Características físicas del agua de uso y consumo humano tomada de: Resolución 2115 de 2007, disponible en [http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

*ARTÍCULO 8º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS RELACIONADAS CON LOS PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS. Las características químicas del agua para consumo humano deberán sujetarse a las concentraciones máximas aceptables de plaguicidas y otras sustancias químicas que se señalan a continuación. Estas concentraciones no se aplican a las características señaladas en los artículos 5º, 6º y 7º de la presente Resolución.*

Tabla 2 Concentración máxima y total de sustancias de interés

Concentración máxima	Sustancia	Suma total de concentraciones
0,0001 mg/L	Cancerígenas Mutagénicas Teratogénicas DL 50 oral menor o igual a 20mg/Kg Extremadamente o altamente peligroso	0,001mg/L
0,001 mg/L	DL 50 oral entre 21 y 200 mg/Kg	0.01 mg/L
0,01 mg/L	DL 50 oral entre 201 y 2000 mg/kg	0.1 mg/L

*PARÁGRAFO 2. Sin perjuicio de lo dispuesto en este artículo, la suma total de las concentraciones de plaguicidas no podrá ser superior a 0,1 mg/L.”* <sup>33</sup>

*“ARTICULO 38. ... indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional: ... Concentración de agente activo  
No detectable*

*ARTICULO 45. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas o estuarias son los siguientes: Plaguicidas organoclorados Concentración de agente activo 0.001*

*PARAGRAFO. Como criterios adicionales de calidad para los usos de que trata el presente artículo, no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.”* <sup>34</sup>

## **2.8 Determinación de plaguicidas en agua**

La cromatografía es una técnica utilizada para analizar compuestos complejos la cual es aplicada principalmente en ramas como la farmacéutica, forense y ambiental. Tiene como principio la retención selectiva, cuyo objetivo es capturar algunos electrones que en su paso disminuyen el patrón de corriente en una medida específica lo que permite la identificación y determinación de las cantidades de los analitos, aunque su presencia sea poca. <sup>3, 5, 7</sup>

Se realiza una separación de compuestos que cumplen la característica de ser evaporados sin descomponerse, se emplea para analizar cualitativa o cuantitativamente analitos volátiles, se compone de una fase móvil y una estacionaria, en la fase móvil un gas transporta la muestra que ha sido separada de acuerdo a su polaridad y punto de ebullición a lo largo de un soporte estacionario conocido como columna, en la fase estacionaria se realiza una retención por afinidad a la sustancia que se quiere evaluar.

*“El uso de este tipo de metodologías requiere la construcción de curvas de calibración en matriz, realizar ensayos de recuperación, determinar dispersión de los resultados debido al gran número de plaguicidas trabajados. Lo anterior requiere bastante tiempo de análisis y un alto número de datos a procesar, por lo*

*cual recientemente se han implementado métodos cualitativos rápidos (screening). Estos métodos están enfocados principalmente en determinar la presencia o ausencia de un compuesto en una muestra de ensayo a una concentración superior del límite establecido”<sup>5</sup>*

La prueba de Tox Screen es un método inmunoenzimático (ELISA) que es capaz de detectar la presencia de compuestos químicos orgánicos o inorgánicos mediante la aparición de colores específicos.<sup>35</sup>

*“La principal ventaja en el uso de este tipo de metodologías es la posibilidad de realizar una identificación rápida de los posibles residuos presentes en una muestra antes del uso de un método cuantitativo de rutina, lo que permite la selección de posibles muestras contaminadas, reduciendo la carga de trabajo y el costo en un análisis de cuantificación y confirmación”<sup>5</sup>*

## **2.9 Tratamiento de aguas**

*“Entiéndese por tratamiento convencional para potabilizar las aguas, los siguientes procesos y operaciones: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.”<sup>34</sup>*

Los tratamientos de aguas consisten en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos los cuales tienen como objetivo la eliminación o reducción de todo tipo de contaminantes o características no deseables del agua (olor, sabor, color) que pueden causar algún daño o problemas en la salud del consumidor. La finalidad de estos tratamientos es obtener aguas con

características adecuadas para el uso y consumo humano, por esto se debe tener en cuenta las características iniciales del agua y las características que deseamos obtener y así utilizar los tratamientos adecuados.

#### ✓ **Pre tratamiento**

Se trata de los equipos o metodologías utilizados antes del ingreso del agua a la planta, los cuales tienen como fin eliminar sólidos de gran tamaño para así preservar las instalaciones de erosión o taponamientos, los equipos utilizados en esta fase incluyen rejillas, tamices, desarenadores y desengrasadores, los métodos más utilizados son: <sup>25</sup>

- **Desbaste:** Es en la eliminación de sólidos de tamaños de 10 y 20 milímetros en adelante
- **Desarenado:** Consiste en la eliminación de material terroso no orgánico
- **Desgrasador:** Es la remoción de grasas acumuladas en la parte superior del agua
- **Las Rejillas:** Se trata de retener basuras, material sólido grueso que pueda afectar el funcionamiento de las bombas.

#### ✓ **Tratamientos primarios**

Consiste en la reducción de materias suspendidas por medio de la precipitación o sedimentación con o sin reactivo, también se incluyen en estos tratamientos la neutralización del pH y la eliminación de contaminantes volátiles como el amoníaco (desorción), los métodos más utilizados son:

- **Flotación:** consisten en generar una gran cantidad de burbujas que

suspendan en la parte superior las partículas, de esta forma quedará un sobrenadante de fácil remoción, este método es utilizado para la eliminación de grasas y emulsiones.<sup>36</sup>

- Coagulación o floculación (cf. Ilustración 6): hay partículas que por su peso molecular no sedimentan rápidamente por lo cual es necesario agregar químicos que produzcan su agregación o coagulación para posterior sedimentación.<sup>31</sup>

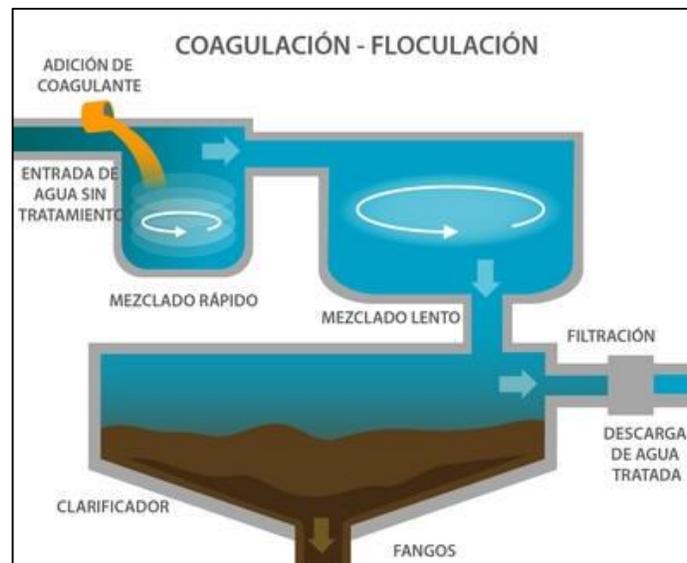


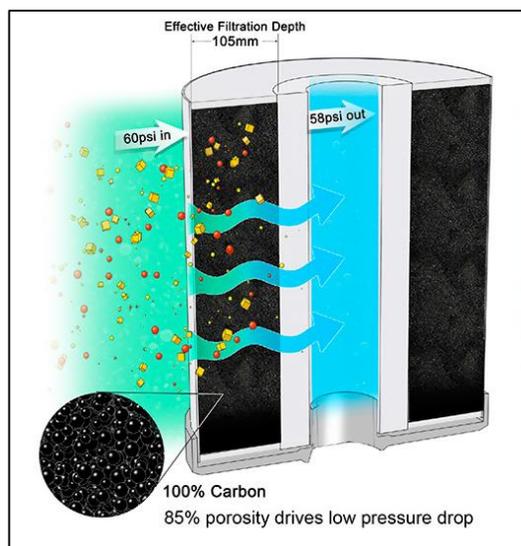
Figura 6 Coagulación

Figura 6 Coagulación, tomada de: <http://www.elaguapotable.com/coagulacion-floculacion.htm>

#### ✓ Tratamiento secundario

Consiste en la eliminación de materia orgánica disuelta en el agua, este tipo de tratamiento hace uso de bacterias o filtros biológicos que se encargan de degradar la materia orgánica produciendo así residuos llamados lodos, este proceso tiene dos variantes las cuales son:<sup>31,37</sup>

- Tratamiento aeróbico que consiste en la oxidación aeróbica de la materia orgánica que se hace por medio de la adición de aire al agua, o en lagunas de oxidación.
- Tratamiento anaeróbico consiste en la oxidación por bacterias. Anaerobias esta requiere digestores cerrados que les permitan a las baterías actuar
- Filtros percoladores, finalmente en esa parte del proceso es necesario que el agua tratada pase una vez más por filtros para evitar el paso de algunos materiales utilizados en los tratamientos aeróbicos y anaeróbicos.
- Filtros de carbón activado (cf. Figura 7): se trata de agrupaciones o "pisos" de distinto tamaño de carbón activado el cual gracias a su porosidad es capaz de retener partículas de material orgánico he inorgánico de distintos tamaños.



**Figura 7 Filtro de carbón activado**

Figura 7 Filtro de carbón activado, tomada de:  
<http://www.aguasistec.com/filtro-de-carbon-activado.php>

### ✓ Tratamiento terciario

Consiste en tratamientos físicos y químicos que eliminan contaminantes específicos como el fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus y compuestos orgánicos determinados, si se emplea intensivamente pueden lograr hacer que el agua sea apta para potabilización.<sup>38</sup>

- Ósmosis inversa: elimina sales orgánicas e inorgánicas por medio de membranas semipermeables las cuales tiene como función impedir el paso de sustancias de mayor tamaño al de sus poros.
- Micro filtración (cf. Figura 8): se emplea para eliminar sólidos en suspensión, bacterias y látex, son láminas delgadas que impiden el paso de sustancias de tamaños mayores al tamaño de los poros de esta lámina.

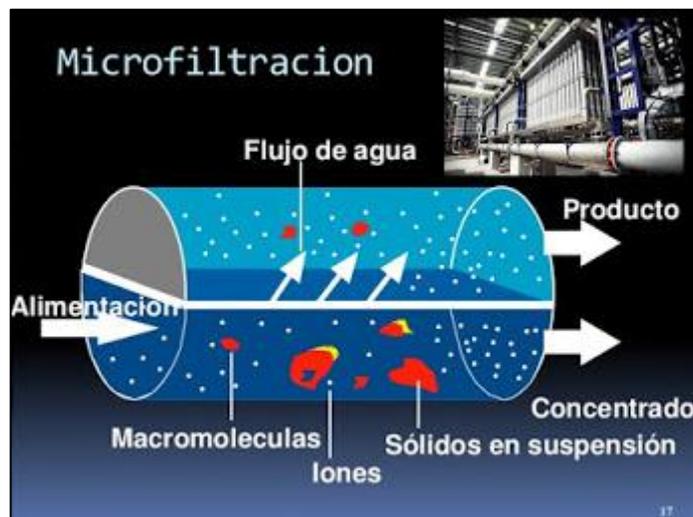


Figura 8 Micro filtración

Figura 8 Micro filtración, tomada de [http://www.grupo-agua.com/eq\\_microfiltracion-industrial.php](http://www.grupo-agua.com/eq_microfiltracion-industrial.php)

- Ultrafiltración: se emplea para la eliminación de virus, proteínas, aceites y coloides la diferencia de esta metodología y las anteriores se basa en el

tamaño del poro, su principio es la retención de sustancias de tamaños mayores a el tamaño del poro.

- Nano filtración: elimina colorantes, antibióticos y lactosa, igual que en los anteriores casos se trata de membranas o laminas con poros de tamaños pequeños los cuales impiden el paso de sustancias de tamaño mayor al del poro.

### **3. METODOLOGÍA**

La investigación que se llevó a cabo fue de tipo documental, se realizó una recopilación de información a partir de 88 artículos, en la cual se utilizaron artículos de revistas científicas y bases de datos (NCBI, PUBMED, ELSEVIER, MEDLINE, SCIELO) páginas web oficiales y libros en donde se reportaba el tratamiento de aguas residuales agrícolas.

#### **3.1 Población de estudio**

Documentos a nivel nacional e internacional que se basan en la efectividad de los tratamientos para la eliminación del Endosulfán en aguas de uso y consumo humano, contaminantes emergentes y disruptores endocrinos. Los idiomas que se privilegiaron en esta búsqueda fueron primero el español, en segundo lugar, el inglés.

#### **3.2 Métodos**

##### **✓ Búsqueda y revisión de la información existente**

Se inició haciendo búsquedas y revisiones de manera global a particular sobre los temas que se desarrollan en la monografía, para entrar en contexto y desarrollarlos, empleando artículos científicos, artículos de revisión, tesis, libros, entre otros.

✓ **Clasificación de temáticas a desarrollar**

Se realiza un esbozo general de los temas a tratar, seleccionando las temáticas principales y subtemas de cada una, brindando una estructura de base para desarrollar una matriz regida en coherencia entre los temas expuestos.

✓ **Organizar de forma lógica el documento**

Posterior a tener los temas seleccionados, se procede a organizarlos desde una manera general y antigua a una manera concreta y actual, exponiendo el tema a nivel mundial y de plaguicidas en general y luego mostrando la situación en Colombia y el Endosulfán.

✓ **Análisis de la información**

Se realiza un análisis de manera crítica, contando con literatura como soporte para establecer la importancia de la eliminación de Endosulfán en aguas de uso y consumo humano en Colombia y Latinoamérica.

## **4. RESULTADOS**

De la búsqueda realizada en las bases de datos (NCBI, PUBMED, ELSEVIER, MEDLINE, SCIMAGO, SCIELO) se contó con 88 referencias para el desarrollo de este escrito, de los cuales son artículos publicados a partir del año 2002. Se clasificaron tres poblaciones de muestreo: disruptores endocrinos, contaminantes emergentes y Endosulfán (cf. Tabla 2), tratamientos de aguas (cf. Tabla 3), mencionando título de las referencias, autores, año de publicación, motor de búsqueda y tema de interés de cada artículo.

Tabla 3 Referencias disruptores endocrinos, contaminantes emergentes y endosulfán

	<b>NOMBRE</b>	<b>AUTORES</b>	<b>AÑO</b>	<b>País</b>	<b>MOTOR DE BUSQUEDA</b>	<b>TEMA DE UTILIDAD</b>
1	CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS: METABÓLICOS DE FÁRMACOS. UNA REVISION	Candelaria Tejada, Edgar Quiñonez, Margaret Peña	2014	Colombia	SCRIBD	Revisión acerca de los aspectos de consideración con respecto a disruptores endocrinos y su detección. Origen de los diversos contaminantes. Efecto de los contaminantes emergentes. Técnicas instrumentales para su identificación y cuantificación.
2	CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS EFECTOS Y POSIBLES TRATAMIENTOS	Miriam Janet Gil, Adriana María Soto, Jorge Iván Usma, Omar Darío Gutiérrez	2012	Brasil	SCIELO	Tipos de contaminantes emergentes en agua. Tratamiento de eliminación de contaminantes emergentes
3	LA PROBLEMÁTICA DEL ENDOSULFÁN: ASPECTOS QUÍMICOS, ANALÍTICOS Y AMBIENTALES	Luz Adriana Betancur J. Rogelio Ocampo C. Luz Amalia Ríos V.	2014	Colombia	SCIELO	Aspectos químicos del Endosulfán. Métodos instrumentales e inmunoquímicos de análisis de Endosulfán. Problemática ambiental. Aspectos médicos o clínicos. Problemática agrícola. Regulaciones

4	CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN VENEZUELA Y OTROS PAÍSES DE LATINOAMÉRICA	Pedro Benítez-Díaz Y Leticia Miranda-Contreras	2013	México	REV. INT. CONTAM. AMBIE	Plaguicidas en agua. Contaminación de plaguicidas en aguas superficiales en otros países de Latinoamérica. Efecto de la exposición a platicadas sobre la salud humana
5	EXPOSICIÓN A PLAGUICIDAS EN LOS HABITANTES DE LA RIBERA DEL RÍO BOGOTÁ (SUESCA) Y EN EL PEZ CAPITÁN	Alejandra Salcedo Monsalve, Sonia Mireya Díaz Criollo, Jaime Fernando González Mantilla, Adriana Rodríguez Forero, Marcela Eugenia Varona Uribe,	2011	Colombia	REV. CIENC. SALUD	Se realiza una determinación de los niveles de plaguicidas en humanos, aguas, y pez capitán capturado en la zona, en la cual se encuentran niveles importantes de organoclorados en la mayoría de las muestras

6	COMPORTAMIENTO DE PLAGUICIDAS PERSISTENTES EN EL MEDIO AMBIENTE	Sandra Viviana Jáquez Matas, Laura Silvia González Valdez, Rafael Irigoyen Campuzano, Víctor Ortega Martínez	2013	México	DSPACE	Clasificación de plaguicidas. Transporte de plaguicidas en el medio ambiente. Potencial de contaminación de aguas subterráneas. Distribución y fijación de los residuos de plaguicidas
7	EFFECTOS DE LOS PLAGUICIDAS SOBRE EL AMBIENTE Y LA SALUD	Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, Dra. Susana Suárez Tamayo, Lic. Daniel E. Palacio Estrada	2014	Cuba	SCIELO	Historia de los plaguicidas, clasificación, usos más frecuentes, efectos sobre el ambiente y la salud humana y alternativas sobre su empleo
8	A-ENDOSULFIN IS A CONSERVED PROTEIN REQUIRED FOR OOCYTE MEIOTIC MATURATION IN DROSOPHILA	Jessica R. Von Stetina, Susanne Tranguch, Sudhansu K. Dey, Laura A. Lee, Byeong Cha, Daniela Drummond-Barbosa	2008	Usa	DEVELOPMENT	El papel que desempeña la endosulfina en el proceso de maduración de la "Drosophila", Al ser el Endosulfán un disruptor endocrino puede llegar a causar mutaciones dentro de los procesos metabólicos del ser humano.

9	WATER CONTAMINATION BY ENDOCRINE DISRUPTORS: IMPACTS, MICROBIOLOGICAL ASPECTS AND TRENDS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION.	Vilela CLS, Bassin JP, Peixoto RS	2017	Brasil	PUBMED	Los agentes activos hormonales constituyen una clase peligrosa de contaminantes. Entre ellos, aquellos agentes que imitan la acción de los estrógenos en las células diana y son parte del grupo de compuestos disruptores endocrinos (EDC) se denominan EDC estrogénicos, el foco principal de esta revisión
10	ENDOCRINE DISRUPTORS AND OBESITY	Philippa d. Darbre	2017	Inglaterra	PUBMED	El propósito de esta revisión fue resumir la evidencia actual de que algunos químicos ambientales pueden interferir en la regulación endocrina del metabolismo energético y la estructura del tejido adiposo.
11	THE IMPACT OF PESTICIDES ON OXIDATIVE STRESS LEVEL IN HUMAN ORGANISM AND THEIR ACTIVITY AS AN ENDOCRINE DISRUPTOR.	Jabłońska-Trypuć A, Wolejko E, Wydro U, Butarewicz A	2017	Polonia	PUBMED	Los pesticidas causan serios problemas ambientales y de salud tanto para humanos como para animales. El objetivo de esta revisión es analizar herbicidas y fungicidas seleccionados con respecto a su modo de acción y su influencia en los parámetros básicos de estrés oxidativo y las propiedades de disrupción endocrina probadas en cultivos celulares seleccionados in vitro.

12	What is an endocrine disruptor?	Monneret C	2017	Francia	PUBMED	Al interferir con el sistema endocrino del cuerpo, los disruptores endocrinos producen efectos adversos del desarrollo, reproductivos, neurológicos e inmunes en los humanos, patrones de crecimiento anormales y retrasos del desarrollo neurológico en los niños.
13	Endocrine Disruptors as Pollutants in Marine Ecosystem: A Case Study in Egypt	Maha Ahmed Mohamed Abdallah	2016	Egipto	BENTHA M OPEN	El crecimiento de la población y el aumento de la industria y la agricultura activa han aumentado la existencia de productos químicos en el medio acuático. Se discute la variedad de sustancias químicas antropogénicas que se han identificado como disruptores endocrinos potenciales (EDC) en el medio ambiente y los problemas derivados de su uso como productos farmacéuticos humanos y de ganado.
14	Endocrine disruptors: strategies for determination and occurrence in marine environments	Gabriel Cotrima, Cristiane S. Fahnin, Gisele O, Rochaa, Vanessa Hatje	2016	Brasil	REDALY C	Estos contaminantes se han observado en varios compartimentos y matrices ambientales, y pueden causar efectos adversos graves en humanos y ecosistemas.

15	Identification of chemical hazards in supply watersheds as an instrument for risk evaluation.	BUENO-ZABALA, Karen Alejandra; PEREZ-VIDAL, Andrea and TORRES-LOZADA, Patricia.	2014	Colombia	SCIELO	Al ser las cuencas base fundamental para el abastecimiento de agua potable es de vital importancia identificar los factores de riesgo para la calidad del agua en estas , se encontró según el uso del suelo cercano a la cuenca alta Del Río Cauca 14 plaguicidas de importancia llegando así a la conclusión que el tramo evaluado no cuenta con barreras de tratamiento adecuado
16	Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review	Wissem Mnif, Aziza Ibn Hadj Hassine, Aicha Bouaziz, Aghleb Bartegi, Olivier Thomas, and Benoit Roig	2011	Francia	NCBI	disruptores endocrinos (EDC) son compuestos que alteran el funcionamiento normal del sistema endocrino de la vida silvestre y los humanos. Se ha identificado una gran cantidad de químicos como disruptores endocrinos, entre ellos varios pesticidas. Los pesticidas se usan para matar organismos no deseados en cultivos, áreas públicas, hogares y jardines, y parásitos en medicina.

Tabla 4 Referencias tratamientos de agua

	NOMBRE	AUTORES	AÑO	País	MOTOR DE BUSQUEDA	TEMA DE UTILIDAD
1	Presencia y tratamiento de compuestos disruptores endócrinos en aguas residuales de la Ciudad de México empleando un biorreactor con membranas sumergidas	Estrada-Arriaga Edson Baltazar Mijaylova-Nacheva Petia Moeller-Chavez Gabriela Mantilla-Morales Gabriela Ramírez-Salinas Norma Sánchez-Zarza Manuel	2013	México	SCIENC E	Evaluar el desempeño de un bioreactor con membranas sumergidas para la remoción de estrógenos
2	Comparison of two methodologies for the determination of pesticides residues in drinking wáter	Jairo Arturo Guerrero Dallos, Nancy Yohanna Velandia Rodriguez	2013	Colombia	SCIELO	Metodologías de extracción de plaguicidas en agua. Se realizó una comparación entre la extracción en fase sólida y la extracción en fase líquida, se evaluó la capacidad de detección y cuantificación

3	Water micropollutants: classification and treatment technologies	Yolanda Patiño, Eva Díaz, Salvador Ordóñez	2014	España	REDALY C	Clases de contaminantes, origen y uso, porque están aguas subterráneas y superficiales, al tener un comportamiento como disruptores endocrino provocan ecos sobre la salud humana, se encuentran presentes en agua ya que las plantas de tratamiento no están diseñadas para su eliminación
4	Quality of water for human consumption and its association with morbimortality in Colombia, 2008-2012.	GUZMAN, Blanca Lisseth; NAVA, Gerardo and DIAZ, Paula.	2015	Colombia	SCIELO	La calidad del agua para consumo humano. Se ha asociado con la aparición de diversas enfermedades, el estudio de la relación entre estos eventos permitirá reflejar el impacto de la calidad del agua de consumo en la salud humana
5	Integrated health risk by substances in water resources of Tres Arroyos, Argentina	Natalia Othax, Fabio Peluso, José González Castelain, Lorena Rodríguez, Sabrina Dubny	2013	Argentina	SCIELO	Se analizaron los contaminantes no carcinogénicos utilizando un modelo básico de análisis, considerando la edad, si es u. Lugar residencial o si es recreativo, se tuvo en cuenta el tipo de exposición, nuestra o contacto dérmico

6	EVALUATION OF PESTICIDE MOVEMENT TOWARDS TOTA LAKE CATCHMENT, COLOMBIA.	Andrea Mojica, Jairo A. Guerrero.	2013	Colombia	REDALY C	Al ser la cuenca del lago Tota una de las principales zonas de cultivo de cebolla y tener una altitud de paramo se favorece la proliferación de hongos, por la cual se utiliza distintos tipos de plaguicidas y fungicidas que llegan a las quebradas cercanas que desembocan en el lago Tota, se evaluó el movimiento de los residuos de los fungicidas durante 7 meses y se encontró que algunas muestras superaron los límites permitidos
7	Persistent organic pollutants in Colombia: quantification and diagnosis for organochlorine pesticides.	GARCIA UBAQUE, César Augusto; GARCIA UBAQUE, Juan Carlos and VACA BOHORQUEZ, Martha Lucía.	2015	Colombia	SCIELO	Identificación y cuantificación de plaguicidas organoclorados, su importación en la intensificación e innovación en metodologías de tratamiento y eliminación de este tipo de residuos

8	REDUCCIÓN DE LA TURBIDEZ DEL AGUA USANDO COAGULANTES NATURALES: UNA REVISIÓN	Luis Guzmán, Ángel Villabona, Candelaria Tejada, Rafael García	2013	Colombia	SCIELO	La coagulación es el proceso más importante en el tratamiento convencional del agua. Su aplicación incluye la remoción de especies en suspensión, mediante la adición de coagulantes químicos, cuyo uso trae desventajas asociadas a altos costos de adquisición, producción de grandes volúmenes de lodo y el hecho de que afectan el pH del agua tratada.
9	Alkylphenol and alkylphenol polyethoxylates in water and wastewater: A review of options for their elimination	Anne Priaca Nadia Morin-Crinia Coline Druarta Sophie Gavoill, Corina Bradu, Céline Lagarrigue	2017	Francia	SCIELO	Durante los últimos 10 años, la aparición de compuestos orgánicos emergentes descritos como disruptores endocrinos en aguas residuales y recursos hídricos se ha convertido en una gran preocupación tanto para la sociedad como para las autoridades de salud pública, todo el mundo industrial y el sector agrícola. Esta revisión se limita a los detalles del tratamiento de una clase de alteradores endocrinos, a saber, alquilfenoles y sus derivados de polietoxilato, que se sospecha que interfieren con el sistema hormonal de la vida silvestre.

10	Removal of endocrine disrupting compounds using a membrane bioreactor and disinfection	A J Spring, , D M Bagley, , R C Andrews, , S Lemani, and , P Yang	2007	Canadá	SCIENC E	Los biorreactores de membrana (MBR) en combinación con una desinfección adecuada pueden proporcionar suficiente tratamiento de aguas residuales para producir efluentes adecuados para la reutilización no potable. Sin embargo, la capacidad de esta combinación de tecnología para eliminar compuestos disruptores endocrinos (EDC) no ha sido bien estudiada.
11	Epigenotoxicity of Endocrine-Disrupting Chemicals Makes Inroads to a Paradigm Shift in the Risk Assessment of Pesticides	Yehia A Ibrahim	2016	Egipto	MEDWIN	El efecto crónico más feroz que podría tener un pesticida es alterar las funciones mediadas por el sistema endocrino. Cuando esto ocurre durante el desarrollo temprano del ciclo de vida, produce efectos adversos profundos y duraderos en la salud humana y la vida silvestre.

12	Epigenetic memory of environmental organisms: A reflection of lifetime stressor exposures	LedaMirba haiJames K.Chipman	2014	Reino unido	ELSEVIE R	Las respuestas genéticas y epigenéticas de los organismos a los factores ambientales, incluidas las exposiciones químicas, influyen en la adaptación, la susceptibilidad a la toxicidad y la biodiversidad. En organismos modelo, se establece que las alteraciones epigenéticas, incluidos los cambios en el metiloma, pueden crear una memoria de la señal recibida.
13	The endocrine disruptor effect of the herbicides atrazine and glyphosate on Biomphalaria alexandrina snails.	Omran NE, Salama WM	2016	Egipto	PUBMED	El presente estudio fue diseñado para investigar la respuesta del caracol <i>Biomphalaria alexandrina</i> (Mollusca: Gastropoda) como bioindicador de alteradores endocrinos en términos de niveles de esteroides (testosterona (T) y 17 $\beta$ -estradiol (E)), la alteración de la inmunorreactividad microsómica de CYP4501B1, nivel de proteína total (TP) y estructura gonadal después de la exposición a concentraciones subletales de AZ o GL durante 3 semanas.

14	Pesticides from wastewater treatment plant effluents affect invertebrate communities	Ronald Münze , Christin Hanneman , Polina Orlinskiy , Roman Gunold, Albrecht Paschke, Kaarina Foit	2017	Alemania	ELSEVIER	Cuantificamos la contaminación por plaguicidas y su impacto ecológico aguas arriba y aguas abajo de siete plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) en áreas rurales y suburbanas de Alemania central.
15	Removal of Pesticides by Using Various Treatment Method: Review	Revatee M.Burkul, Suresh V.Ranade, Bhausheb L. Pangarkar	2015	India	IJEEBS	Las aguas residuales de agroquímicos / pesticidas poseen un gran problema de contaminación en el mundo. Los plaguicidas juegan un papel importante al mantener muchas enfermedades terribles. Sin embargo, la exposición a plaguicidas tanto desde el punto de vista ocupacional como ambiental causa una serie de problemas de salud humana, por lo que plantea el desafío de eliminar los plaguicidas de las aguas residuales.

16	Disposal and Treatment Methods for Pesticide Containing Wastewaters: Critical Review and Comparative Analysis	Mariam T. Al Hattab, Abdel E. Ghaly	2012	Canadá	SCIENCE	Después de la aplicación a las áreas objetivo, los residuos de plaguicidas se eliminan de los aplicadores al enjuagar con agua, lo que resulta en la formación de un agua residual tóxica que representa un problema de eliminación para muchos agricultores.
17	Development of an extraction and purification method for the determination of multi-class pharmaceuticals and endocrine disruptors in freshwater invertebrates	B.Huertaa A.Jakimsk abM.Llorca aA.RuhíaG .Margoutidi saV.Acuña	2015	España	ELSEVIER	Los organismos acuáticos de los ecosistemas de agua dulce impactados por los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) están constantemente expuestos a concentraciones constantes de productos farmacéuticos, disruptores endocrinos y compuestos relacionados, entre otros contaminantes antropogénicos. Los macroinvertebrados que habitan ecosistemas de agua dulce podrían ser bioindicadores útiles de la exposición a contaminantes, ya que sus vidas son lo suficientemente largas como para bioacumularse, pero al mismo tiempo pueden integrar cambios a corto plazo en el medio ambiente.

18	Removal of Pesticides from Water and Wastewater by Different Adsorbents: A Review	Tanweer Ahmad, Mohd Rafatullah , Arniza Ghazali , Othman  Sulaiman, Rokiah Hashim & Anees Ahmad	2010	Malasia	PUBMED	se revisó el uso de varios adsorbentes de bajo costo para la eliminación de pesticidas del agua y las aguas residuales. Los pesticidas pueden aparecer como contaminantes en las fuentes de agua, teniendo impactos no deseados en la salud humana debido a su toxicidad, carcinogenicidad y mutagenicidad o causando problemas estéticos como el sabor y los olores.
----	---	---	------	---------	--------	---

✓ **Clasificación por tema de relevancia.**

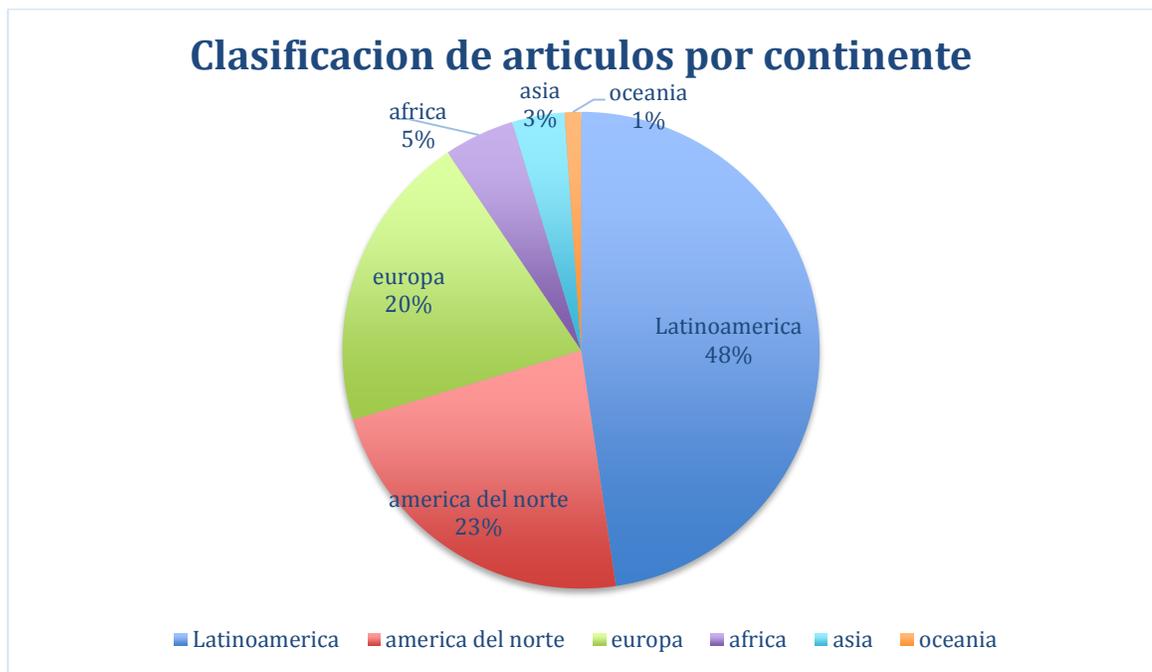
Se clasificaron tres poblaciones de muestreo. De la población total (88 referencias) se contaron con: primero, una población de 16 referencias sobre disruptores endocrinos, contaminantes emergentes y Endosulfán; segundo, 18 referencias que hablan sobre tratamientos de agua, y finalmente, 54 que revelan varios temas que se consideraron de importancia para el desarrollo de este documento

✓ **Clasificación de referencias revisadas por continente.**

El gran volumen de publicación de artículos se ve concentrado en países de Latinoamérica con un 47,0%; de América del norte con el 22,3% de Europa con un 20 %; y en menor cantidad de África con el 4,7%; de Asia con el 3,5% y finalmente

de Oceanía con el 1,1%. Por consiguiente, podríamos preguntarnos si la diferencia en los porcentajes de estudios está relacionada con la contaminación propiamente del agua, por ser países basados en economías de producción de cultivos y materias primas (gráfica 1).

Gráfica 1 Clasificación de artículos por continente

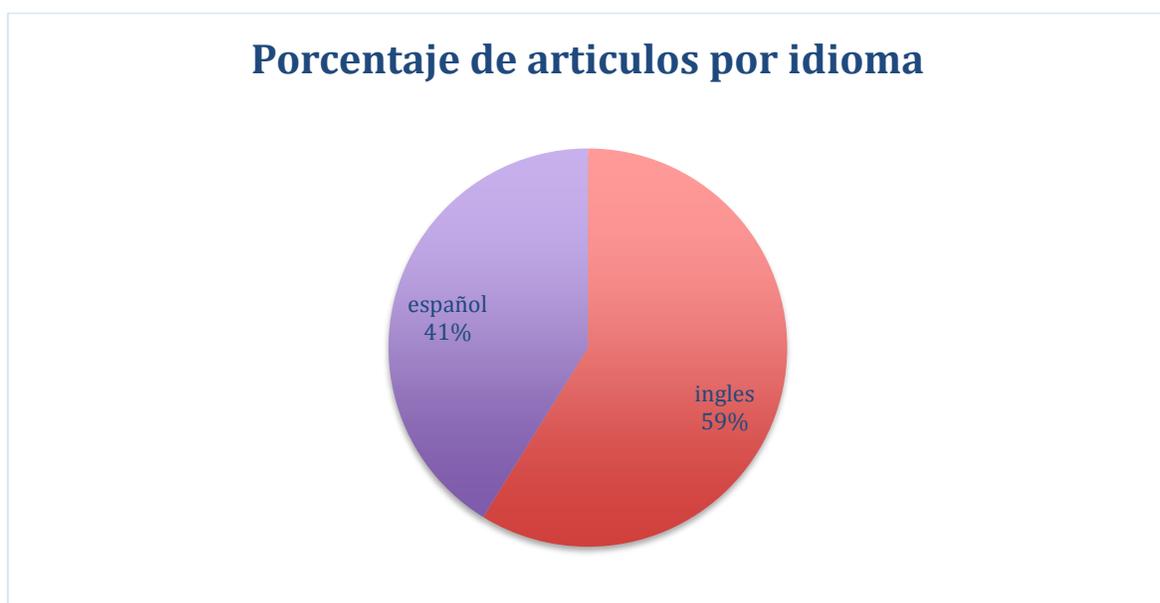


Se observa que el continente en el que se trata y se encuentra mayor número de artículos relevantes para el tema es Latinoamérica lo cual puede deberse a él gran número de recursos hídricos encontrados en este continente y a el incremento en la preocupación por la manutención de los recursos naturales, aunque los niveles de investigación y el aporte a la investigación es mucho mayor de parte de continentes como América del norte y Europa también se encuentran aportes en África, Asia y Oceanía.

### ✓ **Porcentaje de artículos por idioma**

De los 88 artículos consultados 50 están escritos en idioma inglés ocupando un porcentaje de 58,8%, y 37 en idioma español con un porcentaje de 41,2%

Gráfica 2 Porcentaje de artículos por idioma



Es bien sabido que la investigación a nivel mundial es trabajada y comprendida en su mayoría en el idioma inglés por lo cual no es de sorprenderse que para esta búsqueda se haya encontrado mayor porcentaje de artículos publicados en idioma inglés que en español.

### ✓ **Tratamientos más utilizados para la eliminación de Endosulfán**

Teniendo en cuenta los 88 artículos revisados, se encontró que las metodologías más utilizadas son los clasificados dentro de los tratamientos primarios y secundarios donde se hallan procesos como la coagulación la

adsorción y la filtración donde y los procesos de oxidación que actúan por medio de radicales libres, encargados de capturar y oxidar agentes contaminantes.

Los tratamientos que mostraron un mayor uso y mayor eficacia en la eliminación de endosulfán fueron la coagulación, adsorción y filtración ya que son metodologías de bajo costo y alta efectividad cuando se usan de forma combinada, lo cual se presenta en la mayoría de las plantas de tratamiento

La coagulación es de las más usadas ya que esta promueve que las partículas pequeñas interactúen formando partículas más grandes y más fáciles de capturar o retener, pero esta metodología no retira o elimina estas partículas del agua por lo cual es necesario poner en práctica la metodología de adsorción con filtros de carbón activado los cuales tiene un alto potencial de adsorción y remoción de partículas orgánicas e inorgánicas solubles como lo son los pesticidas y finalmente se requiere del uso de microfiltración ya que esta retiene partículas de tamaños muy pequeños lo que nos asegura que los residuos producidos en la adsorción van a ser retenidos en la microfiltración y así evitar contaminaciones secundarias o características no deseadas en el agua.<sup>6,10,12,14,31</sup>

También se encontró en menor cantidad de literatura que los tratamientos de oxidación pueden llegar a ser efectivos, pero tienen un alto costo y necesitan de una infraestructura moderna, además si se utiliza con agentes oxidantes como el hierro o el peróxido de hidrógeno pueden llegar a causar reacciones adversas o contaminación secundaria por residuos de estos causan que produzcan características no deseadas en el agua.<sup>39</sup>

## 5. DISCUSIÓN

El endosulfán es un contaminante orgánico, que se encuentra en el agua y el suelo en forma de partículas pequeñas, y que al ser metabolizado produce sustancias igualmente tóxicas, por esto es necesario realizar metodologías para detectarlo y eliminarlo, logrando aguas aptas para el uso y consumo humano. La normatividad indica, que mínimo cada tres meses se debe evaluar la concentración de contaminantes como este, en los acueductos, ya que sus niveles no pueden sobre pasar los 0,1mg/L.

Para lograr su eliminación, es necesario poner en práctica una serie de tratamientos; como lo plantea, Revtee M Burkul, en el artículo Removal of Pesticides by Using Various Treatment Method: Review, quien realizó una comparación entre los diferentes métodos de pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario. Encontró que para la correcta eliminación y control de sustancias de este tipo, se deben realizar una combinación de metodologías; como la coagulación, metodología perteneciente a los tratamientos primarios; la adsorción con filtros de carbón activado, metodología perteneciente a tratamientos secundarios; y finalmente la microfiltración, metodología perteneciente a tratamientos terciarios, las cuales aseguran una eliminación de residuos de pesticidas, sin la producción final de contaminaciones secundarias y pueden ser utilizadas sin necesidad de grandes inversiones a nivel económico o de tiempo.<sup>7</sup>

Ya que, en los procesos de coagulación, se presentan ventajas que favorecen la interacción entre partículas o moléculas de tamaños pequeños, para

lograr la formación de partículas más grandes, que pueden ser más fácilmente capturadas por los filtros de carbón activado. Aunque la metodología de filtros de carbón activado presenta gran remoción de todo tipo de contaminantes, también presenta una desventaja y es que no se sabe a ciencia cierta cuál es la vida promedio de estos filtros, además pueden presentar remoción de micro partículas que pueden llegar a afectar las características del agua. Por estas razones es necesario combinarlo con procesos de micro filtración, la cual sería en este caso la última metodología utilizada para la eliminación de endosulfán o contaminantes similares, procesos donde solo se captarían partículas residuales de los tratamientos anteriores y al no ser en gran cantidad los micro filtros no presentan daños a corto plazo.

Aunque estas tres metodologías son las más mencionadas en la mayoría de los artículos también se debe tener en cuenta que presentan desventajas, en particular el uso de químicos en el proceso de coagulación y la generación de lodos, los cuales generan residuos secundarios que deben ser tratados para su correcta eliminación, en cuanto al uso de carbón activado presenta una gran desventaja como lo es el poco conocimiento sobre su vida media, la cual dificulta la seguridad de su funcionamiento, además los filtros requieren de lavados constantes por lo cual en algunos de estos lavados la capacidad de adsorción del filtro disminuye, por último la micro filtración presenta tres grandes desventajas una de ellas es que a pequeña escala puede llegar a ser más costoso, su uso es restringido cuando el agua a tratar presenta grandes contenidos de sólidos por lo

cual requiere obligatoriamente de tratamientos previos a este, y la última desventaja que presenta esta metodología es que en aguas con grandes contenidos de sal no es útil ya que este tipo de agua presenta iones de la misma polaridad del filtro por lo cual la utilidad de este filtro es prácticamente nula.

En algunos artículos, las metodologías de oxidación, entre los que se encontraron oxidación por agentes químicos, como el peróxido de hidrógeno y el hierro, mostraron una gran eficacia en el momento de oxidar restos de pesticidas; pero existe la posibilidad que, al agregar este tipo de compuestos químicos, queden residuos de éstos o reacciones adversas, causando así una contaminación secundaria y características no deseables en aguas de uso y consumo humano<sup>40, 11</sup>

Entre los tratamientos de oxidación también se encuentran los de tipo lumínico, como lo es la exposición a la radiación solar y la exposición a lámparas de luz UV. Estos métodos resultan útiles, pero los resultados de eliminación son menores; además pueden ser, o más lentos o más costosos, respectivamente, por lo cual requieren de un mayor y mejor trabajo para lograr resultados efectivos sin efectos secundarios. También se conoce, que el metabolismo del endosulfán se caracteriza por ser resistente a la foto degradación y al ser oxidado produce metabolitos, como el endosulfán sulfato, el cual es altamente toxico y persistente. Asimismo puede causar reacciones con químicos de naturaleza básica, por lo cual las metodologías de oxidación, aunque eliminan gran parte de los metabolitos,

llevándolos hasta su producto final, no aseguran la eliminación total de estos productos.

Otro tipo de tratamientos no convencionales pero que a futuro serán los tratamientos a elección en las grandes plantas potabilizadoras, ya que son amigables con el ambiente y muestran un alto nivel de efectividad, son las metodologías ubicadas en la rama de la biorremediación, las cuales pueden ser enzimas o moléculas de origen microbiano. La mejor característica de este tipo de metodologías es que generan muy poca toxicidad y mayor degradabilidad de sustancias sintéticas y xenobioticas.<sup>41, 42</sup>

Aunque el endosulfán es prohibido, en Colombia sigue siendo utilizado en cultivos de café para el control de la Broca, sabiendo que hay tratamientos alternativos para esta plaga, como lo son los hongos entomopatógenos y las avispas parasitoides, que, aunque su producción es un poco más lenta, no causan reacciones adversas, ni contaminación al medio ambiente. Los efectos adversos que tienen el endosulfán sobre la vida humana y el ecosistema superan los beneficios de su uso para la producción agrícola, el método más efectivo para lograr su completa erradicación es no utilizarlo.

Se necesitan profesionales interesados en la investigación de contaminantes residuales en el agua y programas estatales, que acorde a las leyes promuevan laboratorios de tratamiento, para la eliminación de contaminantes en el agua. En el recorrido de esta identificación bibliográfica, se

relacionan diversas técnicas que aportan conocimientos científicos factibles a ser utilizados con otros elementos residuales tóxicos.

Aunque se lograron identificar 91 piezas literarias de interés para la realización de este trabajo no se cuenta con el estado del arte necesario para la realización de una comparación de los tratamientos exponiendo porcentajes, ni realizar un trabajo más a fondo, sin embargo en este trabajo se intentó exponer la perspectiva y encontrar la mayor cantidad de piezas literarias en donde se encontrarán porcentajes de efectividad de eliminación de contaminantes emergentes en aguas de uso y consumo humano

Esta identificación de fuentes, es una provocación para adentrarse en el tema con acciones de prevención, mitigación y eliminación de contaminantes en agua y alimentos. Se percibe la necesidad de trabajo rural, enfocado en la transmisión de esta información, que influya en el cambio de los patrones comportamentales de fumigación, con productos químicos en cultivos agrícolas.

## **6. CONCLUSIONES**

- El mayor porcentaje de literatura se encontró en Latinoamérica, lo cual es posible gracias a su alto porcentaje de recursos hídricos existentes en este continente.
- Se evidencia una mayoría literaria encontrada en el idioma inglés, lo cual indica que este tema es de interés mundial.

- Aunque si es posible encontrar literatura sobre el tema de este trabajo el estado del arte no es lo suficientemente amplio.
- Se identifican fuentes bibliográficas en tratamientos de eliminación de endosulfán, estas presentan combinaciones de los tres tipos de tratamientos (primarios, secundarios, terciarios) que al ser combinados, muestran altos niveles de eliminación de contaminantes emergentes.
- Los tratamientos convencionales al ponerlos en práctica por sí solos no causarían gran impacto a la concentración de contaminantes emergentes.
- La combinación de las metodologías propuestas (coagulación, filtros con carbón activado y micro filtración) en la mayoría de los artículos, se consideran metodologías de bajo costo, sin requerimientos de cambio de infraestructura, ni contraproducentes ambientalmente.
- Por otro lado, se encontró, que en algunos artículos se referencian los métodos de oxidación con medios químicos, causantes de contaminación secundaria por los residuos que pueden dejar los químicos utilizados para esto.
- Emplear medios de oxidación química dificulta la obtención de agua potable para uso y consumo humano, ya que puede tener reacciones adversas entre los químicos utilizados para este tratamiento y los restos de contaminantes emergentes.
- La oxidación con medios lumínicos, en comparación con medios químicos, presenta una eficiencia casi igual, pero sin riesgos de contaminación secundaria, ni de cambio en las características del agua.

- La oxidación con medios lumínicos presenta una ventaja bactericida, pero aun así se considera una metodología o muy costosa (lámparas UV) o muy lenta (radiación solar); por lo cual no es la más utilizada en plantas de tratamiento, ni en la eliminación de contaminantes emergentes.}
- La metodología seleccionada para su empleo a futuro es la biorremediación gracias a la poca toxicidad que genera y la eficacia que presenta en la purificación de aguas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

<sup>1</sup> Fernando Bejarano Gonzales, El Endosulfán y sus alternativas en América Latina. 2008, disponible en: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC5FU-SUBM-ENDOSU-F-IPEN-100108-ref8-LatinAmerica.Sp.pdf>

<sup>2</sup> Alex Bustillo, Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia” (2006), disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n2/v32n2a01.pdf>

<sup>3</sup> Candelaria Tejada, Contaminantes emergentes en aguas: metabólicos de fármacos. Una revisión, 2014 (citado 6 febrero 2017), disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/download/341/137>

<sup>4</sup> Andrea Mojica, Evaluación del movimiento de plaguicidas hacia la cuenca del lago tota, Colombia 2013 (fecha de consulta 5 de febrero 2017), disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3090/309032109004/>

<sup>5</sup> Huérfano Barco, Iván Mauricio, & Guerrero Dallos, Jairo Arturo. (2018). Método cualitativo rápido ( screening ) para ladetección de residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas. Revista Colombiana de Química, 47(1), 16-26. <https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n1.62240>

---

<sup>6</sup> Ronald munze, Pesticides from wastewater treatment plant effluents affect invertebrate communities, 2017, (consultado en 19 de abril 2018), disponible en: <http://backup.sci-hub.tw/6346/dbbd55f3c8d0d0d81cb3fb3557552c9f/mnze2017.pdf>

<sup>7</sup> Revtee m burkul, Removal of Pesticides by Using Various Treatment Method: Review, 2015, (consultado el 20 de abril 2018), disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/1ec7/8542d9cf74c20daf817bf97cbc31ac3f20f1.pdf>

<sup>8</sup> Jairo Truro Guerrero Dallas, Comparación de dos metodologías para la determinación de residuos de plaguicidas en agua potable, 2014 (consultado el 10 de febrero de 2017) disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v43n1/v43n1a03.pdf>

<sup>9</sup> Natalia Othax Riesgo sanitario integrado por sustancias presentes en recursos hídricos de tres arroyos, argentina 2013 (fecha de consulta; 5 de febrero 2017) disponible en: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572013000400006&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-29572013000400006&script=sci_arttext&tlng=pt)

<sup>10</sup> Karen Alejandra bueno Zabalal, Identificación de peligros químicos en cuencas de abastecimiento de agua como instrumento para la evaluación del riesgo [Internet]. 2013 (citado 2017 febrero 3) Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1692-33242014000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1692-33242014000100005)

---

<sup>11</sup> Mariam T. Al Hattab, Disposal and Treatment Methods for Pesticide Containing Wastewaters: Critical Review and Comparative Analysis, 2012, (consultado el 22 de abril 2018), disponible en: <http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=19535>

<sup>12</sup> Edson Baltazar Estrada, Presencia y tratamiento de compuestos disruptores endocrinos en aguas residuales de la ciudad de México empleando un biorreactor con membranas sumergidas [Internet] 2012 (fecha de consulta: 03 de febrero de 2017) Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431372242X>

<sup>13</sup> Miriam Janet Gil, Contaminantes emergentes en aguas efectos y posibles tratamientos [Internet] 2012 (citado 2 febrero 2017) Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>

<sup>14</sup> Alejandra Salcedo Monsalve, Exposición a plaguicidas en los habitantes de la ribera el río Bogotá (Suesca) y en el pez capitán [Internet] 2011. (citado 2 febrero 2017). Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/562/56223337004.pdf>

<sup>15</sup> Mynor Romero, Tratamientos utilizados en potabilización de agua [Internet], 2011 (citado 2 de Febrero 2017). Disponible en: <http://www.ozonoalbacete.es/wp-content/uploads/2011/08/estudio-agua-ozono.pdf>

---

<sup>16</sup> Tanweer Ahmad, Removal of Pesticides from Water and Wastewater by Different Adsorbents: A Review, 2010, (consultado el 25 de abril 2018), disponible en: <http://twin.sci-hub.tw/6548/8f298e6a5d429cf700e504ff4d3eae76/ahmad2010.pdf>

<sup>17</sup> Dra. ásela m. Del puerto Rodríguez, Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente y la salud, 2014 (citado 10 de marzo 2017) disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032014000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010)

<sup>18</sup> Sandra Viviana Jaques Matas, comportamiento de plaguicidas persistentes en el medio ambiente, 2011(citado el 10 de marzo 2017) disponible en: <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16959>

<sup>19</sup> Plaguicidas prohibidos, restringidos y cancelados en Colombia - ICA. SUBGERENCIA PROTECCIÓN Y REGULACIÓN AGRÍCOLA, RESTRICCIONES, PROHIBICIONES Y SUSPENSIÓN DE REGISTROS DE PLAGUICIDAS DE USO AGRÍCOLA EN COLOMBIA. <https://www.ica.gov.co/getdoc/b2e5ff99-bd80-45e8-aa7a-e55f0b5b42dc/PLAGUICIDAS-PROHIBIDOS.aspx>

<sup>20</sup> Luz Adriana Betacourt, la problemática del Endosulfán, aspectos químicos, analíticos y ambientales, 2013 (italo el 18 de enero 2018) disponible en: [www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a19.pdf)

---

<sup>21</sup> Pedro Benítez Díaz, Contaminantes de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de América Latina, 2013 (citado el 12 de abril 2017) disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/370/37028958001.pdf>

<sup>22</sup> Blanca Liseth Guzmán, la calidad del agua para el consumo humano y su asociación con la morbomortalidad en Colombia, 2015 (consultado el 25 de mayo 2017) disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0120-41572015000500018](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-41572015000500018)

<sup>23</sup> Carlos Laorden, choque por los plaguicidas químicos, 2017 (citado el 15 de enero 2018) disponible en: [https://elpais.com/elpais/2017/03/07/planeta\\_futuro/1488898191\\_300379.html](https://elpais.com/elpais/2017/03/07/planeta_futuro/1488898191_300379.html)

<sup>24</sup> Emily E. Schimitt, Environmental endocrine disruptor affects voluntary physical activity in mice, 2017 (citado el 17 de enero 2018) disponible en: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4911329/#\\_ffn\\_sectitle](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4911329/#_ffn_sectitle)

<sup>25</sup> Sarmiento Suárez María José, Caballero Duque Andrea. Pesticidas como método suicida: un reporte de caso con Chlorfenapyr. rev.colomb.psiqiatr. [Internet]. 2008 June [cited 2018 Aug 26] ; 37( 2 ): 272-279. Available from: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502008000200011&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502008000200011&lng=en).

---

<sup>26</sup> Yolanda Patiño, microcontaminantes emergentes en aguas, tipos y sistemas de tratamiento, 2014 (citado el 18 de enero 2018) disponible en: <http://www.redalyc.org/html/3236/323631115001/>

<sup>27</sup> Endosulfán ficha técnica disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/endosulfan.pdf>

<sup>28</sup> Disruptores endocrinos. Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental. Institutos Nacionales de Salud. Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU. 2010 <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/endocrine/>

<sup>29</sup> Hoja Informativa sobre Salud Ambiental, University of Michigan, 2012. <http://ehscc.umich.edu/wp-content/uploads/EndocrineDisruptorsSPN.pdf>

<sup>30</sup> Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes Quinta reunión Ginebra, 12 a 16 de octubre de 2009. Adición Perfil de riesgos del endosulfán.

<sup>31</sup> Informe Nacional sobre Reducción del Ecurrimiento de Plaguicidas al Mar Caribe : 1998-2002 -Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, D.C. : El Ministerio, UNEP, 2002.

<sup>32</sup> Decreto 15-75 de 2007 disponible en: [https://www.aguasyaguas.com.co/calidad.aguasyaguas.com.co/images/descargas/Decreto\\_1575\\_de\\_2007.pdf](https://www.aguasyaguas.com.co/calidad.aguasyaguas.com.co/images/descargas/Decreto_1575_de_2007.pdf)

---

<sup>33</sup> Resolución 2115 de 2007, disponible en

[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n\\_del\\_agua/Resoluci%C3%B3n\\_2115.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf)

<sup>34</sup> Decreto 15-94 de 1984, disponible en: [http://opt-](http://opt-ing.com/aguas/docs/DECRETO_1594-1984_usos_del_agua_y_residuos_liquidados.pdf)

[ing.com/aguas/docs/DECRETO\\_1594-1984\\_usos\\_del\\_agua\\_y\\_residuos\\_liquidados.pdf](http://opt-ing.com/aguas/docs/DECRETO_1594-1984_usos_del_agua_y_residuos_liquidados.pdf)

<sup>35</sup> Trapote A, García M, Prats D., The elimination of siloxanes from the biogas of a wastewater treatment plant by means of an adsorption process.2016 (fecha de consulta 11 de Agosto de 2018): disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27997402>

<sup>36</sup> Maria Teresa Leal Ascencio, Tecnologías convencionales de tratamiento de aguas y sus limitaciones, 2012 (citado el 18 de enero 2018) disponible en:

[https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/04\\_Capitulo\\_04.pdf](https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf)

<sup>37</sup> Hidelbrando Ramirez Arcila, Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua, 2015 (citado el 18 de enero 2018) disponible en:

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/1303/1359>

<sup>38</sup> Cesar Augusto Garcia Ubaque, Compuestos orgánicos persistentes en Colombia: cuantificación y diagnóstico para pesticidas organoclorados, 2014 (citado el 5 de febrero 2018) disponible en:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0123-921X2015000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-921X2015000100012)

---

<sup>39</sup> Martínez-Hernández, Study of Enzymes Pre-Treatments in Biomasses Dedicated to Biogas Production, 2017, disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93250841007>

<sup>40</sup> Convenio de Rotterdam, 2011 disponible en [http://www.pic.int/portals/5/dgds/dgd\\_endosulfan\\_es.pdf](http://www.pic.int/portals/5/dgds/dgd_endosulfan_es.pdf)

<sup>41</sup> La Rosa-Cruz N., De & Enrique, Sanchez-Salinas & Ortiz-Hernandez, Laura. (2014). Biosurfactantes y su papel en la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas. disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/305848428>

<sup>42</sup> Babita Sharma, Arun Kumar Dangi, Pratyosh Shukla, Contemporary enzyme based technologies for bioremediation: A review, disponible en : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147971731263X>

<sup>43</sup> Arroyave Rojas, Joan Amir, Garcés Giraldo, Luís Fernando, Cruz Castellanos, Andrés Felipe, Fotodegradación del pesticida Mertect empleando fotofenton con lámpara de luz ultravioleta. Revista Lasallista de Investigación 2007: [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69530204> > ISSN 1794-4449

<sup>44</sup> A. J. Spring, removal of endocrine disrupting compounds using a membrane bioreactor and desinfección, 2007 (consultado el 7 de febrero 2018) disponible en: <https://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=26232542&S=R>

---

[&D=aph&EbscoContent=dGJyMNxb4kSep14v%2BbwOLCmr1Cep7RSsqu4SbG  
WxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGqtlCxrBNuePfgex43zx](http://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/45calidad_agua_cuenca_Pergamino.pdf)

<sup>45</sup> Reynoso .I Estado actual de la calidad del agua en la una a del arroyo pergamino, (consultado el 20 de marzo 2018) disponible en [http://produccion-animal.com.ar/agua\\_cono\\_sur\\_de\\_america/45calidad\\_agua\\_cuenca\\_Pergamino.pdf](http://produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/45calidad_agua_cuenca_Pergamino.pdf)

<sup>46</sup> Jessica R. Von Stetina, Endosulfine is a conserved protein required for oocyte meiotic maturation in Drosophila, 2008, (consultado el 20 de marzo 2018) disponible en: <http://dev.biologists.org/content/develop/135/22/3697.full.pdf>

<sup>47</sup> Wissem Mnif, Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review, 2011, (consultado el 30 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3138025/>

<sup>48</sup> Anisleydi Rivero, Capacidad de los basidiomices para degradar Endosulfán y clorpirifos en una matriz compleja [Internet] 2012 (citado 3 febrero 2017). Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26438/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/26438/Documento_completo.pdf?sequence=1)

<sup>49</sup> Luis Guzmán, reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión, 2013, (consultado el 27 de abril 2018) disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262013000100029](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000100029)

---

<sup>50</sup> Nahla Elsayed Omran, The endocrine disruptor effect of the herbicides atrazine and glyphes artè on Biomphalaria alexandrina snails, 2013, (consultado el 17 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24215068>

<sup>51</sup> Mariza Mazari, agricultura y contaminación del agua, 2014(consultado en 7 de febrero 2018) disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362014000200011&script=sci\\_arttext&lng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362014000200011&script=sci_arttext&lng=en)

<sup>52</sup> Anne Priac, Alkylphenol and alkylphenol polyethoxylates in water and wastewater: A review of options for their elimination, 2014, (consultado el 23 de marzo 2018), disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535214000872>

<sup>53</sup> Leda Mirbahai, Epigenetic memory of environmental organisms: A reflection of lifetime stressor exposures, 2014, (consultado el 4 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24141178>

<sup>54</sup> Laura N Vadenberg, Should oral gavage be abandoned in toxicity testing of endocrine disruptors?, 2014, (consultado el 3 de abril 2018), disponible en: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-13-46>

<sup>55</sup> Castillo Rivera, ed al. Method and plant for the treatment of wastewater with a view to eliminating the adverse endocrine effect and/or the toxic or genotoxic effect thereof, 2015, (consultado el 25 de marzo 2018), disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/6a/ce/c5/8e8622ac621892/US9150432.pdf>

---

<sup>56</sup> B. Huerta, Development of an extraction and purification method for the determination of multi-class pharmaceuticals and endocrine disruptors in freshwater invertebrates, 2015, (consultado el 11 de abril 2018), disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0039914014007838>

<sup>57</sup> Gabriel Cotrim, Endocrine disruptors: strategies for determination and occurrence in marine environments, 2016 (consultado el 20 de febrero 2018) disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3883/388347618005.pdf>

<sup>58</sup> Agata Zak, Plant protection products versus changes in the natural environment and their impact on the human health, 2016 (consultado 17 de marzo 2018) disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2848985](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2848985)

<sup>59</sup> Cheng, Chih-Yin & Wu, I-Chen & Chen, Yi-Tinh & Hu, Huang-Ming, A rare hepatoid adenocarcinoma from the gastric remnant, 2016, (consultado el 25 de marzo 2018), disponible en: [https://www.researchgate.net/institution/Kaohsiung\\_Medical\\_University/department/Department\\_of\\_Medicine/publications?nav=overview](https://www.researchgate.net/institution/Kaohsiung_Medical_University/department/Department_of_Medicine/publications?nav=overview)

<sup>60</sup> Yeguada A Ibrahim, Epigenotoxicity of Endocrine-Disrupting Chemicals Makes Inroads to a Paradigm Shift in the Risk Assessment of Pesticides, 2016, (consultado el 27 de marzo 2018), disponible en: <https://medwinpublishers.com/ACT/ACT16000103.pdf>

---

<sup>61</sup> Mariana Antunes Ribeiro, Endocrine Disruptors in Endometriosis, 2016, (consultado el 27 de marzo 2018), disponible en: <https://medicalresearchjournal.org/index.php/GJMR/article/view/1093>

<sup>62</sup> Gerald A. LeBlanc, Overview of endocrine disruptor ecotoxicity in Wildlife, 2016, (consultado el 4 de abril 2018) disponible en: [https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=BwvLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA280&dq=disruptors+endocrinology+elimination&ots=7oCDz2IBRo&sig=qEvnRnSih9hl\\_gWCZJP4\\_lw4GNY#v=onepage&q=disruptors%20endocrinology%20elimination&f=false](https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=BwvLBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA280&dq=disruptors+endocrinology+elimination&ots=7oCDz2IBRo&sig=qEvnRnSih9hl_gWCZJP4_lw4GNY#v=onepage&q=disruptors%20endocrinology%20elimination&f=false)

<sup>63</sup> Alexander Suvorov, To Cull or Not To Cull? Considerations for Studies of Endocrine-Disrupting Chemicals, 2016, (consultado el 6 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27175970>

<sup>64</sup> Kiyama, R., Endocrine disruptor actions through receptor crosstalk, 2016, (consultado el 7 de abril 2018), disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.baztech-c5cdb526-4bb6-43f7-8dfb-e1a907a7fd68>

<sup>65</sup> Caren Leite Spindola Vilela, Water contamination by endocrine disruptors: impacts, microbiological aspects and trends for environmental protection, 2017 (Consultado el 15 de febrero 2018) disponible en: <https://www-sciencedirect-com.distant.bu.univ-rennes2.fr/science/article/pii/S0269749117304955>

---

<sup>66</sup> Salgado-Puga, Karla, Subclinical Doses of ATP-Sensitive Potassium Channel Modulators Prevent Alterations in Memory and Synaptic Plasticity Induced by Amyloid- $\beta$ , 2017, (consultado el 25 de marzo 2018), disponible en: <https://content.iospress.com/articles/journal-of-alzheimers-disease/jad160543>

<sup>67</sup> Patrick Tomkins, The agricultural contaminant 17 $\beta$ -trenbolone disrupts male-male competition in the guppy (*Poecilia reticulata*), 2017, (consultado el 26 de marzo 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28854383>

<sup>68</sup> Philippe D. Darbre, Endocrine disruptors and obesity, 2017, (consultado el 3 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5359373/>

<sup>69</sup> Yu sur Onundi, A multidisciplinary investigation of the environmental performances of TAML/peroxide elimination of Bisphenol A compound from water, 2017, (consultado el 15 de abril 2018), disponible en: <http://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/gc/c7gc01415e#!divAbstract>

<sup>70</sup> Agata Jablonska-Trypuc, The impact of pesticides on oxidative stress level in human organism and their activity as an endocrine disruptor, 2017, (consultado el 17 de abril 2018), disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28541098>

<sup>71</sup> Maha Ahmed Mohamed Abdallah, Endocrine disruptors as pollutants in Marine ecosystem: A case study in Egypt, 2018 (consultado 5 de marzo de 2018) disponible en: <https://benthamopen.com/FULLTEXT/TOBIOTJ-10-131>

---

<sup>72</sup> Hu Michael S., Pathway análisis of gène expression in Murine Fetal and Adult wounds, 2018, (consultado el 26 de marzo 2018), disponible en: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/wound.2017.0779>

<sup>73</sup> Rikke Poulsen, Nitrate: an environmental endocrine disruptor? A review of évidence and research needs, 2018, (consultado el 10 de abril 2018), disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b06419>

<sup>74</sup> Martínez-Hernández, CM, Oechsner, H, García-López, Y, López-González, L. Study of Enzymes Pre-Treatments in Biomasses Dedicated to Biogas Production. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias [Internet]. 2017;26(2):55-64. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93250841007>

<sup>75</sup> Vilatte, CA, Confalone, AE, Aguas, LM. Rainfall in Azul and its relationship with the phenomenon el Niño Southern Oscillation (ENSO). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias [Internet]. 2017;49(2):235-242. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382853527017>

<sup>76</sup> García-Gómez, C., Gortáres-Moroyoqui, P., Drogui, P., Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. 2011: [Fecha de consulta: 11 de agosto de 2018] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86319141004>> ISSN

---

<sup>77</sup> Edson Baltazar Estrada-Arriaga, Domestic wastewater treatment and power generation in continuous flow air-cathode stacked microbial fuel cell: Effect of series and parallel configuration, 2018 (consultado el 11 de Agosto de 2018): disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29529583>

<sup>78</sup> Iglesias R, Simón P, Cost comparison of full-scale water reclamation technologies with an emphasis on membrane bioreactors., 2017 (consultado el 11 de Agosto de 2018) disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28617275>

<sup>79</sup> Goodier, Christopher G. Endocrine emergencies; 2016 (consultado el 11 de agosto de 2018) disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323449162011>

<sup>80</sup> Cotrim, G, Fahning, CS, da Rocha, GO, Hatje, V. Endocrine disruptors: strategies for determination and occurrence in marine environments. 2016;. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388347618005>

<sup>81</sup> PARADA, M, VALENZUELA-BARRA, G, DELPORTE, C, LARA, H. Estrous cycle disruptor effect of an ethanolic extract from Buddleja globosa leaves and its main component (verbascoside). 2014; Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85631009008>

<sup>82</sup> Dorneles Wandscheer, AC, Marchesan, E, Ferreira da Silva, M, Behenck Aramburu, B, de David, R, Severo Trivisiol, V, Lencina da Silva, A. Impact of fungicide and insecticide use on non-target aquatic organisms in rice paddy fields. 2017; Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33148021009>

---

<sup>83</sup> Refatti, JP, de Avila, LA, Noldin, JA, Pacheco, I, Ribeiro Pestana, R. Leaching and residual activity of imidazolinone herbicides in lowland soils 2017; Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33150130013>

<sup>84</sup> Silva Possamai, AC, Inoue, MH, Ferreira Mendes, K, Carneiro de Santana, D, Ben, R, Germano dos Santos, E. Leaching potential and residual effect of amicarbazone in soils of contrasting texture. Semina: 2013 Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744135017>

<sup>85</sup> Silva E, Villarreal ME, Cárdenas O; [Preliminary survey to detect toxic substances in domestic potable water, Bogotá and Soacha, 2012]: 2015 consultado en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26535751>

<sup>86</sup> Endosulfan in Drinking-water, 2004, consultado en [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/endosulfan.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/endosulfan.pdf)

<sup>87</sup> Kayon Barrett, A review of endosulfan, dichlorvos, diazinon, and diuron - Pesticides used in Jamaica, 2012, disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/227855628\\_A\\_review\\_of\\_endosulfan\\_dichlorvos\\_diazinon\\_and\\_diuron\\_-\\_Pesticides\\_used\\_in\\_Jamaica](https://www.researchgate.net/publication/227855628_A_review_of_endosulfan_dichlorvos_diazinon_and_diuron_-_Pesticides_used_in_Jamaica)

<sup>88</sup> p.c Mishra, Removal of endosulfan by sal wood charcoal, 2008, disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389407010680>

---

<sup>89</sup> MIRJANA B. NINKOVIĆ, Removal of organochlorine pesticides from water using virgin and regenerated granular activated carbon, 2009, disponible en: [https://www.shd.org.rs/JSCS/Vol75/No4/14\\_4460\\_3988.pdf](https://www.shd.org.rs/JSCS/Vol75/No4/14_4460_3988.pdf)

<sup>90</sup> Claude Monneret, What is an endocrine disruptor?, 2017 (consultado 23 febrero 2018) disponible en: <https://www-sciencedirect-com.distant.bu.univ-rennes2.fr/science/article/pii/S1631069117301257>

<sup>91</sup> Luis M. Fuentes Castellanos, mesa redonda sobre patologías emergentes, disruptores endocrinos en agua, 2011 (citado el 23 de marzo 2017) disponible en: [www.elaguapotable.com/disruptores.pdf](http://www.elaguapotable.com/disruptores.pdf)

