

# CAUSAS Y CONSECUENCIAS

DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES



Nelson Javier Cely Calixto  
Dorance Becerra Moreno  
Javier A. Cárdenas Gutiérrez



**CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA  
CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES**

NELSON JAVIER CELY CALIXTO  
DORANCE BECERRA MORENO  
JAVIER ALFONSO CÁRDENAS GUTIÉRREZ

# CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES



2023

*A Dios Todo Poderoso  
A la Universidad Francisco de Paula Santander*

Reservados todos los derechos:

© EDICIONES NUEVA JURÍDICA  
© NELSON JAVIER CELY CALIXTO  
DORANCE BECERRA MORENO  
JAVIER ALFONSO CÁRDENAS GUTIÉRREZ



Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin la autorización previa y por escrito de los titulares del *copyright*.

#### **EDICIONES NUEVA JURÍDICA**

---

Carrera 28 Bis No. 12-64 1<sup>er</sup> Piso  
Teléfono: +57(1) 232 71 13  
Móvil: (+57) 310 5627526 - (+57) 310 5627538  
E-mail: nueva\_juridica@yahoo.com  
www.nuevajuridica.com

© 1a. EDICIÓN, 2023

ISBN Impreso: 978-958-49-8680-1  
ISBN Digital: 978-958-49-8681-8

Bogotá, D. C. - Colombia, 2023  
Diagramación electrónica: EDICIONES NUEVA JURÍDICA  
Diseño de carátula: EDICIONES NUEVA JURÍDICA

Impreso en Colombia / Printed in Colombia

## CONTENIDO

PRÓLOGO .....	15
INTRODUCCIÓN .....	17

### **CAPÍTULO 1 IMPACTOS Y FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

1.1. IMPACTOS A LOS SISTEMAS ACUÁTICOS .....	20
1.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	21
1.3. FUENTES CONTAMINANTES DEL AGUA.....	22
1.3.1. Fuentes Puntuales .....	23
1.3.2. Fuentes Difusas.....	24
1.4. TIPOS DE CONTAMINANTES .....	26
1.4.1. Microorganismos Patógenos.....	26
1.4.2. Desechos orgánicos .....	27
1.4.3. Sustancias químicas inorgánicas.....	28
1.4.4. Nutrientes vegetales.....	29

1.4.5. Compuestos orgánicos .....	30
1.4.6. Sedimentos y materiales en suspensión .....	30
1.4.7. Sustancias radioactivas.....	30
1.4.8. Contaminación térmica.....	32

## **CAPÍTULO 2 ACTIVIDADES CONTAMINANTES DEL AGUA**

2.1. ACTIVIDAD CONTAMINANTE INDUSTRIAL .....	34
2.2. ACTIVIDAD AGRÍCOLA .....	37
2.3. ACTIVIDAD GANADERA.....	39
2.4. ACTIVIDAD DOMÉSTICA .....	41
2.5. ACTIVIDAD URBANA.....	42
2.6. ACTIVIDAD TURÍSTICA.....	43
2.7. ACTIVIDAD MINERA.....	46
2.7.1. Drenaje ácido de minas (DAM) .....	46

## **CAPÍTULO 3 CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

3.1. PRINCIPALES CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	56
3.1.1. Vertimiento en aguas superficiales .....	56
3.1.2. El calentamiento global .....	57
3.1.3. La deforestación .....	60
3.1.4. Aguas fecales .....	62
3.1.5. Tráfico Marítimo .....	64

3.1.6. Derrames de petróleo y derivados.....	65
3.1.7. Impacto de aguas ácidas .....	69
3.1.8. Aguas ácidas producidas por minería.....	71
3.1.9. Contaminación en la Faja Pirítica Ibérica .....	72

## **CAPÍTULO 4 CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

4.1. DESTRUCCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD .....	76
4.2. CONTAMINACIÓN DE LA CADENA ALIMENTICIA.....	78
4.3. IMPACTO EN LA SALUD HUMANA.....	80
4.4. ESCASEZ DE AGUA POTABLE.....	81
4.5. MORTALIDAD INFANTIL .....	82
4.6. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR LLUVIA ÁCIDA	83

## **CAPÍTULO 5 SOLUCIONES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

5.1. DEPURACIÓN NATURAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES .....	89
5.1.1. Zona de degradación .....	90
5.1.2. Zona séptica.....	91
5.1.3. Zona de recuperación.....	91
5.2. DEPURACIÓN DE VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES .....	91
5.2.1. Tanques de sedimentación (Tratamiento primario) .....	92
5.2.2. Tratamiento secundario .....	93
5.2.3. Tratamiento terciario .....	95

5.3. REMOCIÓN DE RESIDUOS DE PETRÓLEO .....	96
5.3.1. Residuos de petróleo .....	96
5.3.2. Contención y limpieza del derrame .....	96
5.3.3. Dispersantes .....	96
5.3.4. Incineración .....	97
5.3.5. Biodegradación .....	97
5.3.6. Limpieza de costas.....	97
5.4. DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	99
5.4.1. La disminución de nutrientes y pesticidas.....	99
5.4.2. Reducción de aguas residuales.....	100
5.4.3. Minimizando la pérdida de bosques .....	100
5.4.4. Industrias sostenibles y agricultura .....	101
5.4.5. Transporte sostenible .....	101
5.4.6. Minimizar el uso de baterías y aceites .....	102
5.4.7. Reducción del consumo de plásticos .....	102
5.4.8. Prevención de aguas ácidas .....	105
 BIBLIOGRAFÍA.....	 107

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Uso del agua.....	19
Figura 2. Contaminación del agua.....	21
Figura 3. Contaminación por fuentes puntuales .....	23
Figura 4. Fuentes difusas .....	25
Figura 5. Vertimientos desechos orgánicos.....	28
Figura 6. Sustancias radioactivas.....	31
Figura 7. Actividades contaminantes del agua.....	33
Figura 8. Contaminación del agua por actividad industrial.....	34
Figura 9. Actividades agrícolas.....	37
Figura 10. Actividad Ganadera .....	39
Figura 11. Uso doméstico del agua .....	41
Figura 12. Contaminación urbana.....	42
Figura 13. Contaminación por turismo .....	43
Figura 14. Actividad minera .....	46
Figura 15. Lixiviación y metales pesados.....	47
Figura 16. Contaminación por residuos peligrosos .....	48
Figura 17. Contaminación del agua por carbón.....	51

Figura 18. Causas de contaminación .....	55
Figura 19. Calentamiento global .....	57
Figura 20. Contaminación por deforestación.....	60
Figura 21. Contaminación por tráfico marítimo.....	64
Figura 22. Derrames de petróleo .....	65
Figura 23. Aves cubiertas de petróleo.....	67
Figura 24. Lluvias ácidas.....	69
Figura 25. Contaminación del agua y sus consecuencias.....	75
Figura 26. Destrucción de la biodiversidad.....	76
Figura 28. Impacto por contaminación .....	80
Figura 29. Escasez de agua.....	81
Figura 30. Depuración del agua.....	89
Figura 31. Zonas de degradación por contaminación.....	90
Figura 32. Extracción de petróleo .....	96
Figura 33. Limpieza de costas.....	97
Figura 34. Minimizar la tala .....	100
Figura 35. Disminución de la contaminación de agua por transporte.	101
Figura 36. Consumo de plásticos.....	103

## PRÓLOGO

El impacto ambiental es el resultado de la acción del ser humano con respecto al medio ambiente y se caracteriza por ser negativo debido al mal uso del mismo, siendo este perjudicial, indeseado e impredecible y en muchos casos sin conocimiento alguno al ejecutor de la acción. Este puede llegar a ser un cambio funcional y estructural de los aspectos ambientales de acuerdo al tiempo a causa del control del hombre, constituyéndose por cambios en características del impacto ambiental y cultural del entorno del hombre, que va en disminución del rendimiento de los diversos ecosistemas y su facilidad para mitigar los procesos degenerativos para evitar el desarrollo debido a la reducción de calidad de vida.

La falta de agua limpia es la principal amenaza en el siglo XXI para la humanidad a nivel mundial. Alrededor de 1200 millones de personas consumen agua no potable, y alrededor de 2500 millones viven en áreas sin sistemas adecuados de drenaje o saneamiento. Los agricultores y los gobiernos regionales de todas las partes del mundo usan el agua subterránea más rápido de lo que se recarga. En un entorno donde el agua cada vez se vuelve más escasa, algunas industrias tienden a usar el agua en detrimento de otras, lo que puede generar conflictos a escala local, regional y global (Contaminación ambiental, 2013)

## INTRODUCCIÓN

El impacto que ha venido sufriendo los recursos hídricos a nivel mundial ha llegado ser uno de las principales causas del calentamiento global, debido a las grandes cantidades de vertimientos y desechos que se realizan a diario en ríos, lagos, quebradas, océanos etc. Localmente en la “cuenca del río Zulia” que comprende de 14 municipios, el cual ninguno de los cuales cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales. Esto se suma a los vertidos rurales existentes, que incluyen los agrícolas. Las fuentes de agua superficiales son los principales receptores de las aguas residuales industriales y domésticas de los centros urbanos de los municipios.

La sobrepoblación en áreas urbanas, los flujos de descarga lógicamente han aumentado, practicando una fuerza cada vez mayor sobre el recurso hídrico que actúa como receptor, particularmente durante las estaciones secas cuando aumenta el índice de escasez. La Corporación realizó en 2007 el estudio Aporte al Diagnóstico de la “Cuenca del Río Zulia”, que incluye un estudio de la calidad del agua que se realiza al cuerpo hídrico, especialmente en puntos sobre los ríos Cucutilla en los sectores de Arboledas, tres puntos de muestreo en el cauce principal en Cornejo, San Javier y Puerto León, así como Salazar y Quebrada Zulasquilla (Plan de ordenamiento de manejo de la cuenca hidrográfica del Río Zulia).

Por otra parte, en este libro se menciona en el primer capítulo los impactos y fuentes de la contaminación de los cuerpos hídricos, en donde se muestran las diferentes fuentes contaminantes (difusas y puntuales) y los tipos de contaminantes. Posteriormente se mencionan las actividades contaminantes del agua, el impacto que ocasiona al medio ambiente

especialmente al agua las actividades agrícolas, ganadera, industrial, doméstica y los resultados que inciden en la salud humana, la escasez del agua y la lluvia ácida sobre los acuíferos o fuentes de agua.

Por último, se relacionan algunas soluciones posibles para la contaminación del agua superficial, ya sea por depuración del agua, depuración de vertidos o residuos de petróleo, entre otros.

## CAPÍTULO 1 IMPACTOS Y FUENTES DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El impacto ambiental bajo la mano del hombre tiene peso sobre nuestro planeta, causando así un efecto negativo y degenerativo en los ecosistemas. Todo esto es un conjunto de malas acciones que se han estado ejecutando desde hace mucho tiempo, el hombre evoluciona con el paso de los años y poco se ha detenido a pensar sobre el golpe que le da al medio ambiente. Como especie evolutiva hemos modificado la estructura natural de nuestro planeta por medio de avances sociales, económicos, culturales y de desarrollo interviniendo en el curso que naturalmente tienen los recursos naturales.

*Figura 1. Uso del agua*



Fuente. Elaboración propia

Muchas veces ejecutamos acciones que disminuyen la función ecológica de los ecosistemas por falta de información y conciencia sobre el impacto ambiental. Cada día disminuye la calidad de vida debido a que los recursos naturales están sobreexplotados y contaminados.

### 1.1. IMPACTOS A LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

La población humana ha aumentado al mismo tiempo que su evolución, desarrollo social, tecnológico y productivo, su incremento y velocidad son desorganizados y acelera la alteración sobre los cuerpos de agua, de manera general, que se ve afectada su calidad y cantidad. Podemos explicar que los impactos sobre los sistemas acuáticos pueden ser positivos como: cuando aumentan el volumen superficial, la tratan para su mejoría o se acciona para su conservación. Por su lado contrario y llevando una mayoría, los impactos pueden ser negativos como: cuando su consumo es alto, la contaminación aumenta en ella o se altera su composición química. En estas dos opciones (positivos o negativos) podemos decir que la alteración puede ser reversible o irreversible, dependiendo de la economía ya que, obteniendo una estable se pueden hacer reversibles algunos procesos, dependientemente de si el caso es muy avanzado o leve.

Muchos procesos alteran el agua de forma irreversible en los sistemas acuáticos, uno de ellos es la desecación de un cuerpo hídrico, otros como la construcción de presas que pueden ser beneficiosas para unas especies como para otras no. Esto se debe a la alteración de la misma cuenca en todos sus niveles, como su parte alta donde la deforestación, erosión y desecación se ven presentes, también la línea de costa donde se hayan lugar asentamientos humanos y por último el mismo cuerpo de agua.

### 1.2. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

*Figura 2. Contaminación del agua*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La contaminación del agua trata de la modificación al introducir alguna materia de procedencia dañina y contaminante desmejorando su calidad y composición química. El agua es vital y nos provee salud, compone el 75% de nuestro organismo. El hombre necesita el agua para vivir, aunque la tierra está compuesta por agua el 70% solamente el 1% se encuentra utilizable para el consumo del ser humano, es un porcentaje muy bajo y debemos tomar conciencia para reservarla.

La contaminación del agua ocurre cuando hay cambios químicos, físicos o biológicos en su calidad, teniendo un efecto negativo en la salud del ser vivo que la consuma. El consumo humano del agua no solo es internamente, su uso externo puede complicar la salud del ser humano cuando: se baña, cepilla sus dientes, cocina, etc. Si el agua ha sido contaminada es probable que se presenten daños en la piel, en los dientes por algún químico abrasivo o la comida se vuelve tóxica.

Uno de los primeros problemas mundiales es adquirir agua dulce potable que es la esencial para el ser humano, al contaminarla este problema se vuelve más extenso, es causado por varios factores como lo son el arrojar sólidos no biodegradables o hidrosolubles, químicos, fertilizantes, plaguicidas, pesticidas en los ríos y terminan en los cuerpos de agua salada. El tratamiento impropio de los desechos agrícolas, industriales y de aguas residuales producen un conjunto de problemas a escala mundial ya que el agua es usada por toda la superficie terrestre, se ve en estado de emergencia por la elevada contaminación de esta por los residuos que son vertidos en estas aguas por el inadecuado tratamiento, lo que conlleva un alto porcentaje en contaminación. Las aguas contaminadas producen un gran impacto ambiental en los ecosistemas acuáticos ya que los lleva a la reducción o extinción, debido a diversas razones por las cuales el crecimiento de algas se produce y a la vez una eutrofización que con el tiempo origina una contaminación completa en el agua “Guadarrama-Tejas, Rosendo, Kido-Miranda, Juan, Roldan-Antunez, Gustavo y Salas Salgado, Marco, 2016”

### 1.3. FUENTES CONTAMINANTES DEL AGUA

La contaminación del agua, como ya hemos dicho anteriormente, se ha elevado con el pasar del tiempo a escalas muy altas y preocupantes, existen muchos factores que permiten la contaminación de las aguas, mayormente ocasionados por la mano del hombre, se cree que su intervención en el medio ambiente causa impactos negativos que conllevan a la extinción de especies de plantas y animales, al igual que de ecosistemas completos. Teniendo esto en cuenta, debemos conocer las fuentes contaminantes del agua que se dividen en dos, fuentes puntuales y fuentes difusas:

#### 1.3.1. FUENTES PUNTUALES

*Figura 3. Contaminación por fuentes puntuales*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La contaminación por fuentes puntuales se describe como el tipo de contaminantes fáciles de identificar, esto por el tipo de ubicación donde se encuentra esta fuente, como lo son las minas, las refinerías de petróleo y las fábricas. Descargan agentes contaminantes principalmente químicos que alteran la composición del agua. En la explotación minera se usan diferentes tipos de químicos durante el procesamiento de los minerales o la lixiviación de agua a través de las rocas que están compactadas con químicos. En las refinerías de petróleo los casos más comunes son los conocidos derramamientos de petróleo, en cuanto a las fábricas, descargan aguas residuales de diferentes procedencias y severidad.

Los receptáculos de desechos y sustancias nocivas son los recursos hídricos provenientes de una variedad de fuentes de contaminación. Cada vez que se conoce la fuente y el autor de las descargas de agua contaminada se denominan descargas puntuales, con antecedentes

municipales o industriales. Los ejemplos incluyen canales, tuberías, conductos, pozos, fisuras en discreción, alimentación animal concreta y material rodante. El agua y la escorrentía agrícola no están incluidas en esta definición, el caudal de retorno de una finca de regadío ni la caída de lluvia.

### 1.3.2. FUENTES DIFUSAS

La contaminación por fuentes difusas se puede definir como difícil de localizar. La componen factores como lo son la ganadería o la agricultura, estas actividades descargan agentes contaminantes químicos por los fertilizantes, herbicidas, fungicidas y demás productos que se usen en las zonas agrícolas. Estos llegan a cuerpos de agua grandes por medio de arroyos, canales o escorrentías. Las aguas subterráneas y superficiales pueden ser afectadas, pues a ciencia cierta no se sabe de sus orígenes pues estos son descentralizados [Benítez, E. M. L., Verdecia, G. M., & Castell, M. A. P. (2021)].

Es imposible identificar, cuantificar o controlar las fuentes difusas, que son aquellas fuentes de contaminación que son de una gran variedad. Los efluentes agrícolas son un buen ejemplo de esto. Una de la principal causa más importante de contaminación difusa es la actividad agrícola. Es un desafío evaluar sus efectos, así como la producción de sólidos causados por la quema de caña de azúcar y pastos, el drenaje agrícola, la escorrentía de los campos agrícolas o de pastoreo, la escorrentía de aguas pluviales, las fugas de combustible y el sistema de alcantarillado (Álvarez Martínez, O. 2016).

*Figura 4. Fuentes difusas*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Las operaciones agrícolas, ganaderas y forestales son las mayores fuentes de contaminación difusa. Existen contaminantes de varios tipos, tales como aceites e hidrocarburos, fósforo, grasas, sólidos en suspensión, pesticidas y metales pesados, desechos orgánicos, son producidos por cada una de las actividades antes mencionadas. Sin embargo, dos categorías de contaminantes merecen una atención especial:

- **Contaminación por nitratos:** Una causa muy frecuente de la baja calidad del agua subterránea es la contaminación difusa por nitratos. Se relaciona principalmente con la fertilización de los suelos por compuestos nitrogenados en el riego, pero además resulta de pérdidas en el sistema de alcantarillado y de viviendas sin conexión al sistema y con fosas sépticas o pozos negros con fugas.
- **Contaminación por cloruros:** esta contaminación se produce por procesos de intrusión salina que están relacionados con

la sobreexplotación de masas subterráneas con conexiones hidráulicas al mar.

Dado que la contaminación difusa afecta a toda la cuenca de un río en lugar de solo a un área pequeña, es un problema de agua más significativos que enfrentamos hoy en día.

Puede generar una reducción de la calidad del agua, agua no utilizada para beber y otros fines, eutrofización, daño ecológico, etc. (Salas-salgado, 2016)

#### 1.4. TIPOS DE CONTAMINANTES

A continuación, se muestran los tipos de contaminantes del agua para el ser humano:

##### 1.4.1. MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Este tipo de contaminantes lo conforman los virus, bacterias, protozoos y muchos tipos de microorganismos más que se puedan agregar, normalmente se hacen presentes en las aguas de países subdesarrollados por la falta de gestión en la administración de este recurso natural, la economía influye en ello, por lo tanto, las inversiones en sistemas de acueductos y alcantarillado son muy escasas. Estos organismos son potentes transmisores de enfermedades mortales como: el cólera, la hepatitis, la fiebre tifoidea, entre otros”. La tasa de mortalidad infantil es alta debido a que los niños son los más vulnerables al ser infectados con dichas enfermedades. Comúnmente estos microorganismos están presentes en el agua debido a la contaminación por residuos orgánicos que procesan metabólicamente (heces y orina) las personas infectadas. Según la “Organización Mundial de la Salud OMS” recomienda que por cada 100 ml de agua haya cantidad 0 de colonias de microorganismos coliformes.

Se cree que la cantidad de microorganismos que portan enfermedades en el agua es proporcional a la cantidad total de microorganismos, y se cree que un número total bajo indica un menor riesgo para la salud.

Incluso el agua que cumple estrictamente con los estándares para el control bacteriano se ha utilizado ocasionalmente para propagar enfermedades virales.

Por lo tanto, incluso si una impureza es común en las aguas residuales y no es dañina en sí misma, su presencia indica que el agua en la que está presente sigue siendo una fuente peligrosa de enfermedades. El agua que ha sido contaminada puede estar descolorida, ser corrosiva, tener un sabor desagradable o no ser apta para el lavado.

Sin embargo, la consecuencia más peligrosa del agua contaminada para los humanos es la propagación de enfermedades por los microorganismos que pueden vivir allí. Por ejemplo: gastroenteritis causada por virus, bacterias y protozoos; cólera causado por la bacteria *Vibrio cholerae*; hepatitis infecciosa causada por el virus de la hepatitis disentería causada por parásitos como la ameba histolítica *Entamoeba* y la bacteria *Shigella*; y la poliomielitis causada por el virus de la poliomielitis (Romero, A. M., Gómez, K. F., Sánchez, J. O., & García-Luján, C. (2009).

##### 1.4.2. DESECHOS ORGÁNICOS

Es la agrupación de restos orgánicos que produce la raza humana, la ganadería, etc. Entre esta agrupación se pueden encontrar materia fecal u otras materias de fácil descomposición para las bacterias aeróbicas, las cuales usan una gran cantidad de oxígeno para descomponer dichos restos. Al haber excedencia de estos desechos, las bacterias proliferan para su multiplicación causando así, un agotamiento de oxígeno, lo cual es perjudicial para los seres vivos que habitan en esas aguas, pues mueren por la falta del mismo. Para medir los desechos orgánicos en el agua es necesario aplicar la Demanda biológica de oxígeno (DBO) esto consiste en medir el oxígeno en una cantidad de agua a 15 grados en un lugar oscuro por 5 días, si los resultados dan números altos, el agua no está en condiciones de ser consumida y su calidad es baja.

**Figura 5. Vertimientos desechos orgánicos**

Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

### 1.4.3. SUSTANCIAS QUÍMICAS INORGÁNICAS

Los productos agrícolas contienen metales como el plomo y el mercurio, estos junto con las sales y ácidos, son peligrosos contaminantes que en cantidades altas pueden ser mortales para cualquier ser vivo. Pueden hacer que la calidad de las actividades agrícolas disminuya y acelera la corrosiva de instrumentos para trabajar con el agua.

Los plaguicidas son mezclas de sustancias usadas para controlar, erradicar o reducir las poblaciones de plagas. Desde que se han regulado, se han estudiado durante décadas y, como resultado, existe cierta razón sobre su presencia, y el destino final en ecosistemas acuáticos. Últimamente, la atención sobre estos artículos se ha centrado en los productos de degradación, que hasta ahora se han ignorado en gran medida y se ha descubierto que son más tóxicos que los compuestos a partir de los cuales se producen. El agua subterránea frecuentemente

contiene concentraciones más altas de metabolitos de pesticidas que los compuestos originales, según los estudios.

Como resultado de los fuertes aumentos en el uso agrario luego de los cultivos fuertes al glifosato, este es actualmente el herbicida con mayor uso a nivel mundial. El AMPA (ácido aminometilfosfónico), que se produce por degradación microbiana y se ha demostrado que tiene efectos negativos para la salud, el análisis es un desafío debido a la alta solubilidad en agua del glifosato y su metabolito.

La “Organización Mundial de la Salud (OMS)” inventó un sistema de clasificación de pesticidas en 1978 basado en su nivel de toxicidad aguda, que es la capacidad del pesticida de causar un daño a la salud después de una o más exposiciones durante un tiempo corto.

Los pesticidas vienen en una variedad de formas que ingresan al cuerpo de varias maneras durante largos períodos de tiempo, de varias fuentes y en dosis bajas. Los alimentos de origen vegetal o tipo animal como: “carne vacuna, porcina y derivados (pescado, huevos, lácteos, etc.)” son las primordiales fuentes de exposición en la población y, en menor medida, contaminaron el agua, la tierra, el aire, la vida silvestre y las plantas. Asimismo, los bienes industrializados de uso diario que contengan plaguicidas o sean plaguicidas en sí mismos y tengan implicaciones para la salud humana. Se afirma que estos compuestos y sus riesgos potenciales para la salud están presentes en todas las áreas de la población general. Es así como algunos pesticidas son significativos por los daños a la salud humana (“Gil, Miriam Janet, Soto, Adriana María, Usma, Jorge Iván, & Gutiérrez, Omar Darío. (2012”).

### 1.4.4. NUTRIENTES VEGETALES

Los nitratos y fosfatos son altos solubles en el agua, se usan en las actividades agrícolas para alimentar los cultivos, pero si uso es excesivo, hace crecer algas y malezas que provocan la eutrofización en el agua. Después de su tiempo prolongado de vida, cuando estas algas mueren, su descomposición es producida por microorganismos que usan el

oxígeno para cumplir su función, como resultado, obtenemos un agua inservible que no permite la vida para otros seres vivos.

#### 1.4.5. COMPUESTOS ORGÁNICOS

Los microorganismos no pueden degradar compuestos con moléculas resistentes y por ello perduran durante mucho tiempo en el agua, ejemplos de estos compuestos son: el plástico, plaguicidas, detergentes, disolventes, petróleo, entre otros.

Una de las contaminaciones más comunes del mar son los derrames de petróleo, estos pueden ocurrir accidentalmente por fugas, como también por el lavado de tanques donde se almacena, esto compone el 12% de contaminación por hidrocarburos en el mar los cuales se vierten en un estimado entre 3-4 millones al año. Las autoridades competentes exigen a las industrias petroleras que mantengan un sistema de limpieza cerrado para poder llevar los desechos a lugares correspondientes, apartados para uso exclusivo de estas industrias.

#### 1.4.6. SEDIMENTOS Y MATERIALES EN SUSPENSIÓN

Son fracciones que se desprenden del suelo y son llevadas hacia los cuerpos de agua por arrastre, entre estos se van materiales que causan suspensión en el agua. Esta acción se describe como uno de los grandes contaminantes del agua, pues causa que esta se encuentre turbia trayendo así dificultad para que seres vivos se reproduzcan (como la freza de los peces) se alimenten o vivan en sí, estos sedimentos causan obstrucciones en canales y ríos como también exceso de relleno de pantanos y lagos.

#### 1.4.7. SUSTANCIAS RADIOACTIVAS

Estas sustancias pueden ser altamente solubles, compuestas por isótopos radioactivos, estos se acumulan en las cadenas alimentarias causando una mayor concentración con el paso del tiempo en las células de tejidos vivos de las que tenían dentro del agua.

Constantemente la radiactividad está en todas partes, ya sea de fuentes naturales o artificiales. La mayor parte de la radiactividad en el medio ambiente es causada por sustancias naturales. En realidad, muchos alimentos y fuentes de agua contienen sustancias radiactivas. La corteza terrestre contiene isótopos radiactivos llamados radionúclidos naturalmente. Las minas de uranio son un buen ejemplo de este fenómeno. Las formaciones graníticas se encuentran entre los tipos de rocas y suelos con mayor concentración de radionucleidos. Cuando el agua subterránea entra en contacto con estos subsuelos, deteriora gradualmente las rocas al disolver y arrastrar radionucleidos que tienen el potencial de superar los estándares establecidos por la “Directiva del Consejo 2013/51/Euratom, (octubre, 2013)” Los radionucleidos que pueden estar presentes en las aguas potables son, principalmente, radón ( $^{222}\text{Rn}$ ), uranio ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ) y radio ( $^{226}\text{Ra}$ ), entre otros (Marta Gómez, Nicolas Martín, 2019)

*Figura 6. Sustancias radioactivas*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

### 1.4.8. CONTAMINACIÓN TÉRMICA

Es otra de las formas en las que el agua pierde el oxígeno, durante actividades industriales o por las plantas eléctricas, la temperatura de los cuerpos de agua sube y, el pierden la cabida de retención de oxígeno lo cual disminuye la calidad de vida de los seres vivos. La biodiversidad de los ecosistemas en las costas, se ven en peligro por las actividades humanas que obstruyen su ciclo de vida natural, los manglares, arrecifes corales, marismas y estuarios son los más afectados (Álvarez Martínez, O. (2016).

## CAPÍTULO 2 ACTIVIDADES CONTAMINANTES DEL AGUA

*Figura 7. Actividades contaminantes del agua*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La contaminación del agua se genera primordialmente por los vertidos de aguas residuales que no han sido tratadas como son de origen: urbano, agropecuario e industrial. Podemos considerar otras fuentes de contaminación externa como: Rellenos sanitarios con defectos, tiraderos de basura, descargas de sustancias o materias químicas, productos agropecuarios o escombros de construcción. Todas y cada una de estas últimas mencionadas, no tienen control alguno que pueda mitigar estas actividades que contaminan.

## 2.1. ACTIVIDAD CONTAMINANTE INDUSTRIAL

*Figura 8. Contaminación del agua por actividad industrial*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La industria es un área extensa que produce contaminantes, lo que la hace una de las principales actividades contaminantes ejecutada únicamente por el hombre. Muchas de las plantas industriales de agua dulce suelen descargar residuos en los lagos, ríos y océanos. Los principales contaminantes que estas actividades proveen son:

- **Cadmio (Cd):** Este metal pesado tiene propiedades de carácter inestable, lo que produce que su circulación sea frecuente lo que ayuda en su esparcimiento en el medio, las sales e hidróxidos de este metal son sumamente solubles, esto lo convierte en un contaminante mundial que impacta negativamente al medio ambiente. La contaminación del agua que se genera por el cadmio, generalmente resulta por estar aproximadas a las comunidades urbanas, las actividades antropogénicas hacen que el cadmio llegue a cuerpos de agua a través de aguas residuales provenientes de actividades domésticas o industriales, sumado la contaminación por actividad agrícola y aguas contaminadas por pinturas o colorantes.

- **Amianto:** Este contaminante es de característica fibrosa que pueden ser inhaladas y causar enfermedades mortales como cáncer en varias partes del cuerpo como los pulmones, intestinos e hígado, como también da asbestosis y mesotelioma.
- **Plomo:** esta contaminación se genera por los desechos de las fábricas de pintura, alfarería con esmaltado, fototermografía, pirotecnia, entre otros. La intoxicación por plomo mayormente se produce por vía gastrointestinal, los síntomas que presenta el cuerpo humano a la ingesta de este metal son vómitos, diarreas, náuseas, constipación y cólicos y en algunos casos produce anorexia. En casos graves afecta la síntesis de hemoglobina, el sistema nervioso central y periférico además afecta los riñones al grado de producir el síndrome de Fanconi.
- **Mercurio:** La contaminación del agua por el mercurio se produce principalmente en fábricas que producen cloro, fungicidas o pinturas que controlan los hongos, plásticos, actividad minera que usan el “sulfuro de mercurio (HgS)” por la extracción de plata y oro y refinerías de petróleo. El mercurio extraído se desecha en el medio ambiente, una parte se arroja al suelo y al agua por medio de desechos industriales y la otra parte en modo de vapor directo a la atmósfera. Los síntomas que presenta el hombre a la intoxicación por mercurio son: vómitos, tos, dificultad para respirar y encías sangrantes, en mujeres embarazadas causa trastornos teratogénicos, altera los genes, causa lesiones renales y del sistema nervioso. En casos graves causa la muerte (AGUA, 2007)
- **La minería** para extracción de oro es una actividad de mayor impacto sobre el medio ambiente, pues se requieren ciertas cantidades de mercurio y cianuro para llevar a cabo el proceso, estos terminan en la atmósfera y cuerpos de agua por la etapa de la amalgamación y quema de la misma, lo que ocasiona problemas de salud por contaminación a las comunidades cercanas y trabajadores. Aunque la técnica de amalgamación es esparcida, pues esta no requiere de alta tecnología y lleva menos

inversión, esta es de mayor impacto ambiental; pues el mercurio es en estado inorgánico puede irse acumulando en los sedimentos y en las aguas, dado esto, los microorganismos como las bacterias sulfato reductoras que en estas aguas habitan, pueden transformar el mercurio en estado orgánico y este compuesto se conoce como metilmercurio, el cual contamina la cadena trófica ya que los peces retienen este químico y luego es consumido por el ser humano. Según estudios las poblaciones humanas expuestas al mercurio, pueden contraer graves consecuencias de salud, este en estado inorgánico es de menor absorción y con menos eficacia que el metilmercurio. La intoxicación dada por mercurio es mayormente por la ingesta o inhalación de compuestos mercúricos.

Podemos usar como ejemplo el caso de la zona minera Pacarní-San Luis, Huila, los ríos ubicados cerca de esta zona han presentado contaminación por mercurio. El río Yaguará el cual tiene desembocadura sobre la represa de Betania se tomó como objeto de estudio, al igual que sus afluentes. Se determinó que la contaminación del agua por mercurio en esta zona, va desde Pacarní-San Luis hasta la represa de Betania, pues el mercurio acumulado en los sedimentos es arrastrado por las corrientes, lo que concluye una problemática en los ecosistemas. Sin embargo, aunque se hayan encontrado cantidades pequeñas en las muestras de agua, no quita que sea un peligro para los seres vivos, algunas valoraciones están por debajo de los límites para la conservación de fauna y flora, pero otras si lo sobrepasan según la EPA. (Benítez-Díaz, P., & Miranda-Contreras, L. 2013).

- **Nitratos y Fosfatos:** En las tierras agrícolas se usan fertilizantes nutridos por nitratos y fosfatos que ayudan con el crecimiento de las plantas, pero al aplicar dichos nutrientes, corren por escorrentías pluviales hacia ríos, arroyos y lagos. La eutrofización es el resultado de esto lo que genera la muerte muchas especies acuáticas. Las escorrentías algunas veces trasladan algas tóxicas como pesticidas, a su vez desechos industriales en las aguas. Los sedimentos finos causados por la erosión, que se trasladan por escorrentías, son la causa de muerte de especies acuáticas en masa.

## 2.2. ACTIVIDAD AGRÍCOLA

*Figura 9. Actividades agrícolas*



Fuente: [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La agricultura es una actividad beneficiosa para el sustento del ser humano, la economía de muchos países depende una buena parte de ella, aun siendo tan importante esta área compromete al medio ambiente pues su impacto en el mismo va en aumento. La aplicación de agroquímicos sintéticos para la producción agrícola se eleva día con día, el uso inadecuado de estos químicos ocasiona un deterioro acelerado en los recursos naturales y problemas de salud sobre el ser humano y seres vivos, a su vez el deterioro de ecosistemas.

Para el año 1945 en Sonora, México se inició lo que es llamado “Revolución verde”, para Latinoamérica, este proceso fue un nuevo comienzo en la agricultura, financiado por la fundación Rockefeller en la granja “El Yaqui”. Este comienzo se basa en un patrón de uso intenso y extenso de artículos químicos sintéticos. Este proceso impactó de manera positiva a la producción de alimentos a nivel mundial, el aumento del rendimiento en la agricultura era evidente, pues se tomó como ejemplo para una futura construcción de un mecanismo que implicaría la reducción en el hambre mundial y mejora de recursos económicos. La agricultura es la actividad humana más antigua (alrededor de 10 milenios de historia) pero siempre tuvo consecuencias sobre el medio ambiente, desde el inicio de la revolución verde, estas consecuencias han aumentado por el mal manejo de los artículos

químicos sintéticos, trayendo así también efectos que son negativos en relación a la salud humana.

Sin embargo, pocos productos químicos en el agua pueden conducir a inconvenientes con la salud como consecuencia de una sola exposición, salvo la contaminación masiva no intencional debido a un posible derrame o eliminación inadecuada de residuos tóxicos. Anteriormente hemos hecho énfasis a que el agua contaminada expone de manera consecutiva bajas cantidades de plaguicidas, lo cual trae efectos sobre los seres vivos acuáticos y terrestres, también a las personas; esto supone una transmisión más amena de los plaguicidas de donde fueron aplicados hacia las aguas adentro de la superficie.

Los plaguicidas penetran no solo en aguas superficiales, sino también en aguas subterráneas, primordialmente por la lixiviación o el arrastrado de estos agroquímicos, lo que genera una contaminación de los recursos de agua especiales para el consumo del hombre los cuales están siendo alimentados por estos cursos de agua. Ahora teniendo esto en cuenta, podemos explicar que estos agroquímicos una vez rociados sobre los cultivos, llegan a las aguas superficiales por medio de los sistemas de riego y escorrentías (agua lluvia), en ello influye la topografía del terreno cultivado, lo que permite la amplia contaminación por plaguicidas en el agua.

Las cualidades de sorción del suelo, que están influenciadas primordialmente por los niveles de materia orgánica, arcilla y óxido de hierro, así como por la capacidad de intercambio iónico y el pH, también tienen un impacto en los procesos de transporte, pues esta los dificulta. Las propiedades fisicoquímicas de los pesticidas son igualmente importantes. En términos generales, las sustancias más solubles en agua y más persistentes, es decir, aquellas con vidas medias más largas, son las más móviles y presentan un mayor riesgo de contaminación.

Muchas naciones y organizaciones multinacionales han evolucionado y ejecutado una cantidad de normas y procedimientos para proteger los recursos hídricos de la contaminación por residuos de plaguicidas utilizados con fines agrícolas, lo que representa un riesgo para la salud

del ser humano y el medio ambiente. La “Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos” crea un conjunto de regulaciones con el objetivo de controlar los pesticidas que tienen un alto potencial para contaminar el agua y genera una amenaza para el medio ambiente y la salud del ser humano. Como tal, la EPA ha determinado que este es un contaminante de alto nivel. Esta es la concentración en el agua para consumo, por debajo de la cual no existen riesgos previstos para la salud y el bienestar humano. Para las sustancias químicas liberadas a los organismos y la vida marina, la EPA ha establecido estándares de concentración a largo plazo, que son estimaciones de la concentración alta de los contaminantes a la que la vida de ecosistemas acuáticos pueden estar expuestos indefinidamente sin causar efectos inaceptables (Benítez-Díaz, P., & Miranda-Contreras, L. (2013).

### 2.3. ACTIVIDAD GANADERA

*Figura 10. Actividad Ganadera*



Fuete. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

El impacto ambiental causado por esta actividad resulta ser un efecto con mucha relevancia en la problemática de la contaminación ambiental. Cada especie pecuaria se ubica en diferentes tipos de ganadería, unos más contaminantes que otros, esto debido a su tamaño y tecnificación.

Los estudios hacia el ganado bovino nos muestran que se encarga de gran parte de deforestación y deterioro ecológico en nuestro continente, pues la carne de res es la proteína animal principal en la mesa de los países Occidentales, esto acelera la producción de este ganado y con ello lleva a la competencia entre la población campesina por territorios y recursos naturales.

- **Ganadería extensiva:** para esta actividad los ganados que más se disponen son; el ganado ovino, bovino y caprino. En este caso se usan territorios de pastizales, ya sean naturales o inducidos. Se necesita quitar la cobertura vegetal natural, los cuales son varios tipos de vegetación como selvas o bosques. La erosión y el acarreo de sedimentos dirigidos a los cuerpos de agua causa un primer impacto, el segundo impacto ocurre cuando los terrenos se someten a ser desertificados, va en conjunto con la reducción de lluvias por año en promedio y, de los movimientos del agua por el suelo (escurrimiento), con esto los cuerpos hídricos muestran fluctuaciones anormales en los niveles de agua, así como también en sus características físicas, químicas y ecológicas.
- **Ganadería intensiva:** También conocida como ganadería estabulada, las especies que más se emplean son bovinos, porcinos y aves. La principal preocupación de esta actividad son los excrementos de estas especies, ya que se ubican una cantidad alta de animales en espacios muy reducidos. Estas excretas se van directamente a los cuerpos hídricos o a las redes de agua municipales, con impactos directos de desarrollo de nutrientes y como resultado se genera un aumento de eutrofización en los cuerpos hídricos.
- **Ganadería campesina:** En este sistema se usan casi todas las especies pecuarias son empleadas. Esta actividad es algo parecida a la intensiva, solo que el ganado se dispersa en áreas extensas y la cantidad de cabezas es más baja. Para ser una combinación de las dos mencionadas anteriormente, no causa tanto impacto negativo ambiental pues su intensidad es menor.

Podemos concluir con que los procesos metabólicos de estos rumiantes y aves, producen uno de los gases nocivos que implican el desequilibrio del efecto invernadero, como lo es el metano ( $\text{CH}_4$ ). En los rumiantes, este se genera a través del rumen por una fermentación en el mismo. Este gas juntos con otros gases, tienen moléculas con átomos unificados con buen espacio entre ellos, que al vibrar liberan radiación y luego es absorbida por otra molécula de efecto invernadero, lo que genera calor en la superficie terrestre. Las actividades humanas han aumentado la producción excesiva de este gas, lo que lleva a cambios climáticos a nivel mundial, pues el agua se ve afectada por las evaporaciones por el exceso de calor atrapado en la atmósfera. (Bonilla Cárdenas, J. A., & Lemus Flores, C. (2012))

## 2.4. ACTIVIDAD DOMÉSTICA

*Figura 11. Uso doméstico del agua*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Esta actividad proviene de viviendas, zonas residenciales, hospitales, restaurantes, edificios, escuelas y universidades. Las aguas residuales de tipo doméstico se generan principalmente por metabolismo humano (heces y orina) y actividades domésticas que se originan en la cocina, baños y lavandería. De la cocina se depositan: sólidos, grasas, aceites, sales, materia orgánica. Las aguas de las lavadoras depositan detergentes que contienen cloro y bicarbonato de sodio, entre otros químicos dañinos. De las aguas de baño se encuentran jabones, gel, champú y detergentes abrasivos para el aseo de estos.

También cabe mencionar, que hay comunidades que no reciben el correcto servicio de alcantarillado, por lo cual, depositan las aguas residuales directamente en cuerpos de agua. En otras ocasiones, hay comunidades que, si reciben el servicio de alcantarillado, pero, no siempre estas aguas residuales que generan son tratadas para ser devueltas a la naturaleza, y llegan a sectores rurales donde los habitantes (sin servicio de agua potable), se abastecen de este recurso por ríos o quebradas que ya están contaminadas (“de Puerto Rico, E. L. A., de la Gobernadora, O., & de Calidad Ambiental, J. 2003”).

## 2.5. ACTIVIDAD URBANA

*Figura 12. Contaminación urbana*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La contaminación del agua, no solo en aguas dulces, sino también en los océanos, es un impacto generado como resultado de las actividades urbanas, causado por los vertidos industriales como por actividades domésticas. Las actividades del ser humano han causado un impacto grande en el ambiente que ha hecho cambios en el clima que afectan e intensifica el consumo y uso del agua, contamina y elimina los ecosistemas acuáticos, contribuye también a la explotación de la pesca. En muchas ciudades del mundo ha mejorado la calidad de depuración y tratamiento de aguas residuales en las últimas dos décadas, alrededor de 2.600 millones de personas no tienen sistemas básicos sanitarios, sumado a que muchas industrias y zonas de viviendas (actividad doméstica) descargan sus aguas residuales en ríos y quebradas contaminando estos cursos hídricos. A nivel mundial, los ciclos naturales del agua se han visto gravemente alterados por la actividad humana, como evidencia, tenemos la extinción y deterioro de los ecosistemas relacionados a los cuerpos de agua, también podemos observar las alteraciones físicas y químicas que el agua ha sufrido, esto conlleva a un impacto sobre la salud humana, se considera que alrededor de 3 millones de personas mueren por enfermedades que responsabiliza la mala calidad del agua (Celia Isveidy Leyva Castellanos, 2013)

## 2.6. ACTIVIDAD TURÍSTICA

*Figura 13. Contaminación por turismo*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

El turismo va en incremento por cada año, recauda miles de millones de dólares anualmente a nivel global. Este tiene efectos positivos como negativos. Dentro de los positivos podemos contar con: aumento en la tasa de empleo, aumento en los ingresos económicos, conservación de recursos naturales a través de importantes sumas de inversiones económicas, prevenir la emigración de los pobladores locales, mejora la economía y cultura de estos pobladores, se mueve el comercio de y producción de artículos de la localidad, también cambian las maneras de pensar y se crea mayor conciencia ambiental tanto de la población local como de los turistas, estos son algunos de los efectos positivos.

Un argumento convincente para proteger ecosistemas significativos y algunas especies icónicas es el potencial para aumentar los ingresos del turismo, debido a la vía fluvial, la ganadería extensiva, las plantaciones de soja y la extracción de oro, Brasil, por ejemplo, generan más ingresos por turismo conservando el Pantanal que destruyéndolo. Lo mismo es cierto para el Amazonas, una región que no ha visto mucho crecimiento en el turismo. Una alternativa económica viable es promover el turismo en áreas donde es importante proteger los recursos naturales como las costas, los humedales y los ríos sin represas. Si bien el turismo tiene efectos significativos, estos suelen ser menos severos que los de otras formas de actividad económica, como la minería, la explotación maderera, la ganadería intensiva, los monocultivos agrícolas, las grandes represas, la extracción de carbón y petróleo o las industrias que producen contaminación.

El turismo es una actividad que, aunque no directamente causa impacto tiene efectos bastante adversos sobre el agua, suelo y atmósfera. El “megaturismo” con sus concentraciones de multitudes de personas, implican un cambio drástico sobre el suelo, por la construcción de hoteles con todos los servicios, el agua se ve afectada porque se producen aguas residuales urbanas al adquirirlos. Las alteraciones que el suelo ha sufrido son de modificaciones naturales bahías, ensenadas, estuarios, lagunas y zonas húmedas de costa, han sido alisados y desecados para construir hoteles por toda la línea costa, construcción de aeropistas, carreteras, puentes, puertos y muelles van incluidos. Esto convoca a la construcción de sistemas de acueductos para la comunidad y los sitios

turísticos, lo que conlleva al desgaste del agua de los ríos y los mantos freáticos cercanos.

Dado que el transporte de tipo aéreo y terrestre es una de las primordiales causas de las “emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y otros gases contaminantes”, así como de la pérdida de biodiversidad, tanto directa como indirectamente, los flujos turísticos inciden en “la lluvia ácida, el cambio climático y la formación de ozono troposférico”. El turismo tiene un efecto capilar en todos los ecosistemas, desde la costa destruida por un muro de concreto hasta las montañas donde se encuentran las estaciones de esquí o, como los Alpes, invadidas por millones de senderistas. Los campos de golf son ahora uno de los destinos turísticos más populares, pero el uso de pesticidas y el consumo de agua tienen graves consecuencias ambientales. Una región tan árida como Andalucía desarrolla campañas de alto costo de publicidad en prensa para promocionar el golf en todo el mundo.

Se considera algunas recomendaciones para reservar el agua a nivel local:

En los hoteles de lujo, el consumo diario de agua puede alcanzar los 880 litros, y este consumo también se da durante los meses más secos en España. La clave es la importancia de la conservación del agua. Utilizar tecnologías de ahorro de agua en inodoros y grifos, construir sistemas de recolección de agua lluvia, cambiar las toallas y la ropa de cama solo cuando sea absolutamente necesario, plantar plantas nativas en los jardines y educar a los clientes sobre la importancia de conservar el agua. se detendría el desarrollo de nuevos campos de golf. Con un precio del agua que penalice el consumo excesivo, favorezca unas pocas piscinas públicas grandes en lugar de muchas piscinas individuales pequeñas. Reciclar las aguas residuales limpiándolas y utilizándolas para regar el césped u otras plantas, por ejemplo: no abusar de productos de limpieza que contengan fosfatos y agentes químicos y nuevos gravámenes sobre artículos nocivos.

## 2.7. ACTIVIDAD MINERA

*Figura 14. Actividad minera*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

El mayor pasivo ambiental del sector minero, especialmente con respecto a nuestras vías fluviales, es el “Drenaje Ácido de la Minería (DAM)”. Es posible que una mina productora de ácido tenga un efecto catastrófico a largo plazo en arroyos, ríos, y vida acuática, convirtiéndola efectivamente en una “máquina de contaminación perpetua”.

En cuanto a la calidad del agua, la minería tiene cuatro efectos principales:

### 2.7.1. DRENAJE ÁCIDO DE MINAS (DAM)

El ácido sulfúrico se genera cuando se extraen cantidades significativas de rocas que contienen minerales de sulfato de tajos abiertos o vetas en minas subterráneas. Un tipo común de bacteria conocida como “Tiobacilo Ferrooxidante” puede aparecer cuando el agua logra un nivel

de acidez específico, aligerando los procesos de acidificación, oxidación y lixiviando aún más los residuos de desechos de metales.

A medida que la roca fuente se expone al agua y el aire, el ácido lixiviará la roca. Este proceso permanecerá hasta que se hayan extraído todos los sulfatos; esto podría llevar cientos o incluso miles de años. Para llegar a estanques, ríos, arroyos, acuíferos y lagos cercanos, el ácido primero debe ser trasladado de la mina por agua lluvia o corrientes superficiales. DAM degrada seriamente la calidad del agua, puede matar la vida acuática y hace que el agua sea esencialmente inútil.

- **Lixiviación y metales pesados**

Cuando los metales que se encuentran en rocas excavadas o expuestos en vetas de minas subterráneas, como cobalto, arsénico, cobre, plomo, cadmio, oro, plata y zinc, entran en contacto con el agua, puede producirse una contaminación. El agua flota sobre la superficie rocosa, extrayendo los metales y llevándolos río abajo. Los metales se pueden transportar en ambientes de pH neutro, pero la lixiviación se acelera en gran medida en ambientes de pH bajo, como los provocados por el drenaje ácido de las minas.

*Figura 15. Lixiviación y metales pesados*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

- **Contaminación por productos químicos**

Cuando ciertas sustancias químicas, como, por ejemplo: el ácido sulfúrico y el cianuro, que las empresas mineras usen para clasificar el material que desean del mineral en bruto, que derraman, gotean o transfieren del sitio de extracción a un cuerpo de agua cercano, ocurre este tipo de contaminación. Estas sustancias tienen el potencial de ser extremadamente tóxicas tanto para las personas como para los animales.

- **La erosión como la sedimentación**

En el proceso de construcción y conservación de carreteras, vertederos y excavaciones al aire libre, el desarrollo minero perturba las rocas y el suelo. Sin medidas efectivas de prevención y control, la erosión de la tierra expuesta puede introducir cantidades significativas de sedimentación en los arroyos, ríos y lagos. Las riberas de los ríos, su delicada vegetación y el hábitat de la vida silvestre y los organismos acuáticos pueden obstruirse debido a la sedimentación excesiva.

- **Vertederos de residuos peligrosos**

*Figura 16. Contaminación por residuos peligrosos*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La roca sobrante se convierte en otro tipo de desecho minero que se desecha en los relaves después de que los minerales han sido procesados y recuperados. La roca estéril produce los mismos metales pesados peligrosos y formaciones minerales ácidas que están presentes en los relaves. Además, pueden contener sustancias químicas como cianuro o ácido sulfúrico que se utilizan en el procesamiento del mineral en bruto. Los relaves generalmente se vierten en el suelo en estanques de contención o estanques de oxidación, pero un número de operaciones cada vez mayor, que se realizan bajo tierra, donde los desechos se utilizan como relleno para las áreas que fueron excavadas. Los relaves mineros contienen contaminantes que, si no se aseguran adecuadamente, pueden filtrarse en las aguas subterráneas o superficiales, lo que representa una grave amenaza para las generaciones futuras.

- **Las secuelas del drenaje minero ácido en los EE. UU. y Canadá**

Hay 130.000 toneladas de desechos y excavaciones al aire libre de mineral de pirita con bajo contenido de sulfato en la mina extinta de Mount “Washington en la isla de Vancouver”. El sulfuro sulfatoso del mineral crudo reacciona continuamente con el agua y el aire para producir ácido sulfúrico, que lixivía metales pesados, particularmente cobre. Este cobre tóxico se filtra en “Pyrrhotite Creek”, luego en “Muerx Creek” y finalmente en las aguas del “río Tsolum”, donde mata a los salmones jóvenes y debilita a los salmones adultos que escapan del río hacia el pantano. 120 millas de arroyos y ríos, 180,000 acres de embalses y otros materiales tóxicos de minas desaparecidas han sido contaminados en los Estados Unidos por DAM y otros tóxicos.

Se predice que purificar estas aguas contaminadas costará a los contribuyentes estadounidenses entre \$32 y \$72 mil millones.

De más de 55 millones de toneladas de desechos mineros, 351 millones de roca estéril, 510 millones de relaves de sulfato y más de 351 millones de otros desechos mineros están presentes en Canadá y pueden contribuir a DAM.

Se necesitarían entre \$2 y \$5 mil millones para limpiar las actuales minas productoras de ácido en Canadá; sin embargo, dado que se espera que aumente el valor del dólar, este costo puede aumentar.

Además de ser costoso para el medio ambiente, tratar DAM y recolectar sus desechos también le costará mucho dinero a la industria. “El costo de establecer el lugar puede ser de hasta \$ 410,000 dólares por hectárea. La Junta de Minas de los EE.UU., gasta más de \$ 1 millón por día para tratar el agua ácida que proviene de la minería.”

Lamentablemente, los sitios de contaminación por DAM en Canadá están claramente marcados en los mapas de la provincia de “Columbia Británica”. Hay al menos 17 ubicaciones adicionales que se han identificado como fuentes potenciales de generación de ácido, además de la mina Mount Washington, que es una de las 25 minas activas, cerradas o abandonadas en la Columbia Británica.

72 millones de toneladas de relaves de fuente ácida y 240 millones de toneladas de residuos de roca fuente de ácido estaban presentes en la Columbia Británica en 1994, según el informe Estado del Medio Ambiente de la Columbia Británica. La provincia produce 25 millones de toneladas más de ácido, metales pesados y estériles mineros cada año.

La industria minera hace referencia al hecho de que podemos y debemos satisfacer nuestras necesidades materiales por medio de un mejor reciclaje y reutilización de los productos metálicos existentes cuando afirma que los nuevos desarrollos mineros son “esenciales” para mantener nuestra forma de vida. Sin embargo, el uso final de metales preciosos como el oro y los diamantes exige justificaciones más exhaustivas del costo ambiental. La joyería era el uso previsto para 3.200 toneladas de oro refinado a nivel mundial en 1996. Una vez que DAM se pone en marcha, puede esterilizar efectivamente todo un sistema de agua para las generaciones futuras, convirtiéndolo en un vertedero de desechos biológicos y una carga financiera significativa (2Life, 2020)

- **Contaminación del agua causada por la minería del carbón**

*Figura 17. Contaminación del agua por carbón*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Sin embargo, hay evidencia de sus efectos en otros lugares del mundo. “Un estudio sobre agua para consumo humano en cuatro condados de West Virginia encontró que la concentración de metales pesados talio, selenio, cadmio, berilio, bario, antimonio, plomo y arsénico supera los estándares en el 25% de las muestras”. La contaminación del agua por explosiones y socavones es un tema que no tiene mayor importancia en las investigaciones nacionales, circunstancia que aún no ha sido investigada en el “Departamento de La Guajira” y que podría ayudar a la implementación de medidas para evitar mayores daños.

Que la cuenca del “río Ranchería” es muy importante para el Departamento no solo porque es una fuente de agua, sino también porque, en un Departamento como La Guajira, donde existe un alto riesgo de desertificación, se convierte en un recurso natural valioso y escaso.

Debido a que la riqueza hídrica es más valiosa que la riqueza mineral, la gran producción de carbón térmico en zonas áridas debe tener un enfoque económico y comercial diferente porque el dinero que se obtiene con la exportación de este producto no compensa el uso excesivo

de agua o incluso el daño causado a la población como consecuencia de ese uso y deterioro.

Existe una carencia en el balance de intercambio físico de Colombia con el mundo exterior al comparar importaciones y exportaciones físicas. Debido a que los costos de los impactos que sufre el medio ambiente en el país productor/exportador no se tienen en cuenta el costo de los recursos energéticos exportados, se puede decir que las naciones importadoras han almacenado una “deuda ambiental” con Colombia.

La industria minera es la que más contamina, según los informes que se encuentran disponibles a escala mundial, así lo afirma la Contraloría General de la República, debido a que la contaminación es un subproducto en todas las etapas de su producción.

La principal fuente de cambios en la calidad del aire en grandes áreas es la emisión de polvo de carbón. Además, cuando estas partículas contaminantes entran en contacto con el agua, se filtran y liberan aguas residuales tóxicas y metales pesados altamente tóxicos que afectan las aguas superficiales y subterráneas, donde se cree que los metales pesados se disuelven y dañan los ecosistemas.

En áreas donde la minería tiene impacto, estos elementos contaminantes significativos son una amenaza para la seguridad del suministro de alimentos. Dado que cualquier actividad consecutiva a la extracción estará limitada por la topografía y el nivel de contaminación del terreno, el paisaje alterado implica la pérdida total del área.

Numerosos fenómenos físicos permiten que el mineral genere partículas diminutas, comúnmente denominadas “polvo”, que varían en tamaño desde menos de una micra hasta varios milímetros, durante la extracción del carbón del subsuelo, así como durante el transporte y el envío.

- **La situación humanitaria del pueblo indígena Wayuu a causa de la contaminación del agua**

Es importante señalar que la deuda con los indígenas Wayuu se mide actualmente por el número de vidas humanas perdidas como resultado

de esta intervención industrial y no por la cantidad de agua o tierra que se ha destruido.

La grave situación que vive el pueblo indígena “Wayuu” ha dejado de ser un tema apagado desde que la “Comisión Interamericana de Derechos Humanos” solicitó medidas cautelares.

La comunidad indígena que vive en el “Departamento de La Guajira en Colombia” ha presentado una denuncia formal alegando violaciones de derechos humanos en su nombre ante el estado colombiano. Esta denuncia ha aparecido en los medios nacionales de manera irregular.

De acuerdo a documentos aportados por organismos regionales, el pueblo indígena Wayuu se encuentra:

Debido a la falta de acceso a agua potable, está experimentando una crisis humanitaria. Al menos 4.770 menores de edad han muerto por causas prevenibles, como desnutrición severa “grado III tipo Marasmo y Kwasiorkor”, lo que pone en evidencia el alto índice de pobreza y abandono estatal de la juventud en la comunidad. De acuerdo con la Resolución No.60/2015, los estudios realizados por organismos como la Defensoría del Pueblo demuestran:

- Las muertes de niños pequeños relacionadas con el hambre;
- Cobertura limitada de las iniciativas del ICBF para niños y madres gestantes y lactantes;
- Sequía extrema, falta de acceso a agua limpia y consumo de agua contaminada.
- No existe evidencia de búsqueda al uso y efecto de los aportes alimentarios entregados por la “CIDH (2015)”, ni existe una búsqueda activa de niños y niñas que se encuentran desnutridos.

Estos resultados muestran que los Wayuu no están satisfechos con sus necesidades fundamentales y que la escasez de agua en el Departamento ha cambiado la dinámica social y económica. Bajo la premisa de que estas muertes pueden prevenirse con acciones estatales tendientes a garantizar los “derechos de beneficio” de la comunidad, la resolución

identifica la mortalidad infantil como un indicador clave que da cuenta de la precaria salud de la población.

En vista del impacto de la operación minera en el río Ranchera, la principal fuente de suministro de agua del Departamento, los representantes de la comunidad culpan a la operación minera de Cerrejón por la falta de recursos hídricos.

El denominado “proyecto Cerrejón” representaría una grave amenaza para la supervivencia de estas comunidades, debido al consumo aproximadamente 34.903 m<sup>3</sup> de agua por día, comparado con el consumo de comunidades más cercanas, que oscila entre 2.000 y 5.000 m<sup>3</sup> por día “(Comisión Interamericana de Derechos Humanos CIDH (2015))”.

En virtud de lo anterior, la CIDH (2015) concluyó en el 2015 que la condición de la comunidad aborigen “Wayuu” es suficientemente grave y urgente dados los riesgos que enfrentan las niñas, niños y jóvenes de la comunidad wayuu en Uribe, Manaure, Riohacha y Maicao, poniendo en peligro bastante significativo, su derecho a la vida e integridad personal. También demuestra que las medidas que adopta el Estado colombiano no ha sido positivo y está dirigido contra esta población y que la violación de estos dos derechos es el último caso de irreparabilidad. Por lo tanto, anuncia las medidas preventivas necesarias para los delegados de las comunidades indígenas y exige al estado que tome las medidas que garantice defender los derechos reclamados al acceso y los servicios de salud, agua para el consumo suficiente para la subsistencia, acceso en calidad y cantidad adecuada para comida; también llama a identificar las situaciones presentadas de desnutrición para una intervención inmediata (Library, 2022)

### CAPÍTULO 3 CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

*Figura 18. Causas de contaminación*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Cada día la Tierra nos da señales cada vez más fuerte sobre su salud, los incendios forestales, las sequías, el aumento de temperatura, desastres naturales y más, son los signos de que el ser humano tiene la mayor responsabilidad, el agua potable es un recurso de poco acceso a nivel

mundial, y la contaminación del agua cada vez más empeora la calidad del recurso natural más valioso. Desafortunadamente las palabras agua y contaminación van de la mano, esto por el impacto ambiental del hombre sobre el medio ambiente

Cuando el agua se contamina, se hace a través de las aguas residuales en los servicios urbanos, los residuos plásticos y otros que se lanzan a los ríos y mares, esto forma una problemática que tenemos ahora llamada micro plásticos, los cuales en el mar se están multiplicando en creces gracias a que 8 millones de plásticos son vertidos en estos por año, causando una eliminación total de ecosistemas.

Según la ONU el agua contaminada es aquella que pasa por alteraciones y cambios en su composición, esto permite que el agua quede inservible al consumo de los seres vivos. Las aguas contaminadas imposibilitan el consumo para el ser humano, amenaza la salud del planeta y exasperan a las personas de bajos recursos económicos.

### 3.1. PRINCIPALES CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

#### 3.1.1. VERTIMIENTO EN AGUAS SUPERFICIALES

Estos provienen de las plantas industriales pues dejan sus residuos en la naturaleza, específicamente en los océanos y ríos, normalmente usan el agua dulce para hacer sus trabajos. La problemática consiste en que estos vertidos están llenos de contaminantes químicos, que causan una gran alteración en la composición del agua, entonces al llegar a los cuerpos de agua antes mencionados, traen la muerte de la fauna acuática y de los ecosistemas (arrecifes corales) que habitan debajo de estas superficies.

#### 3.1.2. EL CALENTAMIENTO GLOBAL

*Figura 19. Calentamiento global*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Este ocurre en la atmósfera y los océanos causando un desequilibrio en ambos por las altas temperaturas, afecta al planeta tierra pues ocasionan cambios climáticos drásticos, entonces las aguas en el mar se calientan y evaporan, pero se precipitan en el mismo mar, lo que cohibe que las nubes no cambien su ubicación y viajen por el continente para que este reciba la lluvia. Ahora bien, esto trae consigo la disminución de oxígeno en las aguas ya que el aumento de CO<sub>2</sub> y otros gases irrumpe en su ciclo natural.

El calentamiento global lo podemos denominar como un fenómeno que genera diferentes perjuicios globales complejos. Este término tiene el impacto sobre acción humana marcado, según estudios científicos, el cambio climático es debido a las acciones contaminantes del ser

humano en los últimos 50 años. La primera razón es el elemento de calor que impele al ser humano que lo responsabiliza, es el incremento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por medio de la industrialización y el uso de automotores a combustión. Los acontecimientos naturales han jugado un papel importante en la historia de los cambios climáticos que ha pasado la tierra, desde eras congeladas hasta cálidas. Los materiales en suspensión esparcidos en la atmósfera por erupciones volcánicas componen gases de efecto invernadero, como consecuencia, no permite que la radiación térmica liberada al espacio pase y se mantenga dentro de la atmósfera, esto contribuye al mantenimiento de la temperatura de la Tierra, pues es necesario el efecto invernadero equilibrado para que pueda haber vida en la biosfera, de lo contrario la temperatura sería de 33°C a nivel global (lo cual no sería beneficioso). Ahora el planeta está enfrentando la problemática de que este efecto invernadero esté en desequilibrio por las acciones humanas, los gases a continuación son los emitidos por el hombre a causa de su antropocentrismo:

- “Vapor de agua (H<sub>2</sub>O)
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)
- Ozono (O<sub>3</sub>)
- Cloroflorocarburos (CFCs)”

El aumento progresivo de estos gases (y otros) que son de efecto invernadero, son los que causan efectos negativos en el clima. El uso de combustibles fósiles como el petróleo, gas natural y carbón aumentan estos gases y el carbono en la atmósfera. Estos permanecen protegidos bajo la superficie terrestre. La raíz del calentamiento global es debido a las grandes y progresivas extracciones de estos combustibles, ya que estos son las centrales de la civilización, es el punto de economía global junto con sus derivados, pues todo lo que usamos hoy en día es con base en ello.

Las reservas de aguas más importantes de nuestro continente las poseen América del sur, contando con el 35%, además contiene el uno de los tres acuíferos de mayor volumen del mundo. Desafortunadamente los dos anteriores están contaminados. En los cursos de agua como lagos o ríos la evaporación incrementará y el volumen de agua irá disminuyendo a nivel mundial. Los humedales percibirán de forma muy negativa cualquiera de los cambios que se presenten, los océanos sufrirán transformaciones negativas también, lo cual será grave porque estos manejan la parte reguladora de los climas y ciclos biológicos y químicos importantes para la Tierra.

El calentamiento global ha causado impactos climáticos sobre los glaciares, un ejemplo de ello es en el Ártico, se comprueba a través de los niveles del mar que han aumentado 5 milímetros por año en el rango de 2 a 9 milímetros por año, se predice que su incremento continuará por décadas e incluso siglos, esto significará grandes impactos por sobre Centroamérica y el Caribe en su infraestructura, las actividades agrícolas y recursos naturales de costas, lo que supone más adelante una posible creación de gestión y políticas para reubicación de las poblaciones de estas costas. El deshielo en el océano Ártico, recibe un gran impacto en sus ecosistemas, primordialmente los osos polares son los que más sufren. Estudios basados en la Administración Nacional de la Atmósfera Oceánica de Estados Unidos, nos dicta que a mediados del 2013 las temperaturas en el Ártico alcanzaron cifras significativas de nuestro siglo. Esto favorece a algunos, pues el tráfico marítimo es más ameno por el deshielo, lo que hace más fácil explorar nuevas reservas petroleras y gases naturales que supone al menos un 25% de las reservas mundiales. En el mar de Bering (que alimenta especialmente a Estados Unidos) se cree que aún guarda grandes reservas de peces para su explotación en la pesca.

Con respecto a los glaciares ubicados en América del Sur, se ha visto una gran disminución en sus volúmenes, los países afectados son: Ecuador, Colombia, Venezuela y Chile. El glaciar San Quintín ubicado en la Patagonia Septentrional se le ha estudiado reducción en sus volúmenes, grietas y fracciones de suma importancia. El Nevado en

peligro es el de Santa Isabel, pues la pérdida de volumen ha sido de 44% en las últimas 4 décadas (Barboza Lizano, Ó. (2013)

### 3.1.3. LA DEFORESTACIÓN

*Figura 20. Contaminación por deforestación.*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La tala de árboles es una de las más nocivas causas que afectan el agua, pues contribuye a la aparición de bacterias y arrastre de sedimentos que contaminan los cuerpos de agua, también ocasiona que los ríos y lagos se sequen, pues se pierde el equilibrio de los ecosistemas y por tanto el hábitat de muchos animales.

La deforestación está clasificada como un problema de riesgo medio por este grupo de científicos de todo el mundo. Sin embargo, está relacionado con otros problemas que plantean, como la erosión, que debilita los niveles freáticos y es la acumulación de aguas subterráneas al punto de que, en ausencia de árboles, destruye la cubierta vegetal y provoca deterioro y transporte de los suelos; o “defoliación”, que es la eliminación de la piel viva, en este caso, la piel de la tierra, que queda

expuesta como resultado de la acción del agua, el viento, las olas del mar, etc. La razón por la que se denominan “paraguas de la naturaleza” es que mitigan las diversas acciones a las que está expuesta la capa vegetal y también ayudan a prevenir la desertificación. Las plantas impiden los procesos de lavado y la escorrentía del suelo.

La deforestación también está ligada a las inundaciones porque cuando se cortan los árboles en la parte alta de la montaña, se producen derrumbes durante la temporada de lluvias, llevando desechos, tierra y agua a los ríos, llenando su capacidad y provocando avalanchas y avalanchas. Mara del Rosario Saavedra, investigadora, afirmó (1994, p. Según la Oficina de Atención y Prevención de Desastres, la deforestación de los bosques es una de las principales causas de tragedias por inundaciones porque deja víctimas, heridos y muertos. Según el diario El Tiempo, “las raíces de los árboles actúan como ganchos que evitan que la tierra se deslice y caiga a los ríos”. Sin una capa de vegetación, cuando llueve se producen derrumbes, las vías de comunicación se vuelven intransitables y hay inundaciones que arrasan con todo (Bonilla Cárdenas, Jorge Armando, & Lemus Flores, Clemente. (2012).

Los suelos y el almacenamiento de agua son dos efectos significativos adicionales de la vegetación. Las raíces de un pastizal casi nunca logran extraer agua por debajo de los 50 cm de suelo, entre tanto que las raíces de los árboles se pueden infiltrar varios metros. Esto hace que los bosques tropicales húmedos sean más efectivos para almacenar agua. Además, los propios árboles interceptan gotas de lluvia, almacenando hasta el 12 por ciento de la lluvia en sus hojas y otras depresiones. A medida que esta agua se evapora, ayuda a bajar la temperatura, pero, lo que es más importante, protege el suelo una descripción del impacto y la acción erosiva de las gotas. La radiación solar directa también está protegida del suelo. Se crea una capa superficial bastante permeable por la abundancia de materia orgánica en descomposición, lo que favorece la infiltración. A pesar de los períodos secos y las lluvias, las mediciones extremadamente precisas en la Reserva Duke, cerca de Manaus, revelan que la variación de la humedad del suelo en la selva amazónica está bastante modulada. Desde una perspectiva hidrológica, este efecto es significativo porque la escorrentía de las cuencas cubiertas de bosques tropicales tiende a estar

más controlada, con caudales mínimos más altos y caudales máximos más bajos, comparado con una cuenca deforestada (Poveda Jaramillo, G., & Mesa Sánchez, Ó. J. (1995).

### 3.1.4. AGUAS FECALES

Es el conjunto de las aguas residuales de uso urbano y doméstico, estos llevan desechos orgánicos como las heces o líquidos como la orina, también contribuye las aguas residuales de las lavanderías que contienen detergentes los cuales son nocivos para las especies marinas, pues estas llegan a los mares y océanos sin un tratamiento depurativo. En las aguas a nivel mundial se vierten 2 millones de toneladas de aguas residuales.

Como resultado a la transmisión de microorganismos patógenos como virus, bacterias, protozoos y otros parásitos, la contaminación de materia fecal de las aguas superficiales es un problema que impacta negativamente en la salud humana. Muy a menudo, la ruta fecal-oral, especialmente el consumo de agua contaminada, se usa para propagar estos microorganismos. Las microgotas de agua inhaladas o aspiradas, así como el contacto directo con la piel y las membranas mucosas mientras se participa en actividades recreativas, son rutas de transmisión significativas adicionales.

Según el nivel de exposición, el riesgo de infección con patógenos que se encuentran en el agua contaminada aumenta en el caso de transmisión por contacto. Existe un alto riesgo de propagación de microorganismos patógenos a través del contacto con la piel y las mucosas, así como la posibilidad de inhalar o incluso ingerir agua sin darse cuenta cuando se practican deportes como la natación o el buceo. La inhalación de pequeñas gotas de agua contaminada con amebas de vida libre de los géneros *Naegleria* y *Acanthamoeba* también se ha relacionado con infecciones de alta mortalidad como meningitis y meningoencefalitis.

La esquistosomiasis es una de las infecciones relacionadas con este modo de transmisión. Esta condición se desarrolla cuando la especie larval de *Schistosoma* muere a una persona. Dependiendo de la especie que esté infectando al huésped, un parásito que está presente en el agua

ingresa al cuerpo a través de la piel y causa una infección en el hígado, los riñones o los intestinos (*S. mansoni*, *S. japonicum* o *S. haematobium*).

Por otra parte, algunos estudios han demostrado que las poblaciones que viven cerca de lagos, ríos y costas con mucha contaminación fecal son susceptibles de contraer enfermedades infecciosas adicionales. Algunos de estos estudios sugieren que la frecuencia de síntomas gastrointestinales en personas expuestas a agua contaminada presenta una relación estadística con la cantidad de coliformes fecales y *Escherichia coli* evidentes en el agua, e incluso con la presencia de patógenos específicos. El marcador más importante de la relación entre la exposición al agua ambiental y el riesgo de enfermedad es el "E. Coli". En tanto que, en el caso particular de las aguas costeras, se ha encontrado que la detección de *Enterococcus/estreptococos* fecales tiene la mejor correlación.

Los estudios sobre las aguas superficiales de las primordiales cuencas hidrográficas de Costa Rica han revelado un alto nivel de contaminación microbiana. La principal fuente de contaminación orgánica son las aguas residuales domésticas sin tratar vertidas a los cuerpos de agua. Sin embargo, otras fuentes de contaminación, como la escorrentía y los vertidos orgánicos, los subproductos del procesamiento del café, el uso de fosas sépticas por hasta el 77 por ciento de la población y la erosión provocada por la deforestación, que aumenta la turbidez de las aguas superficiales, no deberían estar infravalorado.

Ponemos como ejemplo el afluente fundamental de la cuenca del río Reventazón, considerada como la segunda cuenca hidrográfica más importante de esta nación y con numerosas zonas de impacto, la microcuenca del río Purires se ubica en la provincia de Cartago, Costa Rica. El Acueducto Rural de El Guarco de Cartago recibe agua del manantial de la parte alta del río. Además de la actividad porcina y agrícola en la microcuenca, existen asentamientos urbanos que producen vertidos de residuos, contaminando las zonas aguas abajo. Las dinámicas poblacionales de la zona que generan problemas de pobreza son la causa fundamental del uso inadecuado de los recursos hídricos y otros recursos naturales en esta microcuenca. Con el fin de recuperar los recursos naturales de esta región, han tomado acciones organizaciones

como el “Programa de Gestión Ambiental Integral de la Universidad de Costa Rica” genera proyectos participativos en la microcuenca. Sin embargo, a pesar del nivel de involucramiento y dedicación por parte de la comunidad aledaña a la microcuenca, existen problemas de contaminación de los recursos hídricos que son perjudiciales para los ecosistemas asociados y pueden impactar la salud de las personas que viven en el cantón Guarco. dentro de esta microcuenca (Barrantes, Kenia, Chacón, Luz María, Solano, Melissa, & Achí, Rosario. (2013).

### 3.1.5. TRÁFICO MARÍTIMO

*Figura 21. Contaminación por tráfico marítimo*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Esta contaminación del agua es dada por el arrojado de plásticos y residuos sólidos por los barcos pesqueros, los más comunes son las redes de pesca. También los barcos petroleros que dejan derrames de petróleo en alta mar. Esta es una causa muy común de contaminación del agua.

### 3.1.6. DERRAMES DE PETRÓLEO Y DERIVADOS

*Figura 22. Derrames de petróleo*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Con el crudo de petróleo se fabrican productos químicos que se usan para determinados usos como, energía de combustibles, lubricantes, plásticos entre otros. El mal manejo de estos productos tiene como consecuencia llegar a los mares y demás cursos de agua, lo cual baja la calidad de estos recursos hídricos. En su mayoría, es normal encontrar fugas por tuberías perforadas, derramamiento de contenedores de petróleo en barcos, gases tóxicos desprendido por vehículos, solo por mencionar algunos.

Los océanos constituyen el 71% de la superficie de la tierra, en ellos desembocan los ríos, lo que los denomina el depósito desafortunado de desechos que produce el antropocentrismo. Las zonas más vulnerables de los océanos son las placas continentales que cubren alrededor del 10%. Al mismo tiempo que son la fuente de pescados para la alimentación humana, cuenta con el 60%. Estas placas continentales significan en su mayoría las actividades humanas, peculiarmente de para explorar y producir hidrocarburos, rutas de tráfico marítimo, entre otras.

Los océanos son cuerpos con ecosistemas muy activos y complicados, compuestos por un solo fluido, que es el agua salada, el cual la

raza humana ha estado devastando con sus acciones y actividades contaminantes, vertiendo componentes químicos como el petróleo y derivados. Estos químicos se unen al mar y se deslían a causa de las mareas, tormentas, corrientes, brisas, entre otros. Lo que causa un grave efecto en las cadenas tróficas del medio ambiente marino. Lo que más preocupante es las excesivas contaminaciones a causa del petróleo que se producen cerca de las zonas costeras, lo que ocasiona un grave peligro para estas. Esto causa efectos negativos en la fauna y flora marina y terrestre, ya sean estas especies de permanencia o migratorias.

La contaminación de los cuerpos hídricos por la explotación e inspección del petróleo no es la única forma de contaminar con el crudo, también se presenta por el rumbo de las vías que emprenden los buques o tanques petroleros, estos se lavan y descargan aguas residuales de estos tanques de almacenamiento. Estos residuos de decantación son diluidos de forma directa en el mar, lo que por consecuencia tenemos vastas masas de alquitrán compuestas con parafinas de largas cadenas, en cantidades más grandes de las que incluye el petróleo crudo, estas masas se encuentran en las playas y el mar, por su lenta degradación contamina las aguas y provoca largas estadias flotando sobre las mismas.

El mar se considera muy diligente, pues tiene una propiedad de depuración sobre las materias o sustancias, las disuelve, diluye o desaparece, puede resultar verdadero puesto que las acciones e intervenciones por parte de los componentes bióticos y abióticos del medio ambiente marino, lo posibilitan. Los microorganismos, peculiarmente los vegetales y principalmente las bacterias o enzimas presentes en el agua, cometen acciones sobre los hidrocarburos.

Aún siguen en estudios la contaminación en el ambiente por petróleo. Los impactos negativos sobre los ecosistemas marinos son los que cargan más perjuicio, los daños pueden ser gravemente irreversibles. Estos impactos pueden dividirse en dos enfoques:

- **Impactos mecánicos**

*Figura 23. Aves cubiertas de petróleo*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La presencia de capa en una interacción entre agua y aire resulta alterante en los intercambios de gases, como consecuencia disminuye la depuración propia del mar por la incapacidad de re-oxigenación del cuerpo de agua.

Esta capa puede actuar de forma directa de orden mecánico que peculiarmente ocurre en las aves. Un ave cubierta con petróleo pierde su capacidad para flotar y su temperatura corporal. Un ejemplo más de efectos en las aves, es que esto no permite la incubación en varias especies, como los pingüinos que pueden ser destruidos en masa.

Algunas especies marinas pueden tener cierta protección, como los gasterópodos que tienen cierta capacidad para protegerse, sin embargo, presentan una tasa de mortalidad notable. Una de las consecuencias más peligrosas y a considerar son la muerte de plancton, que es una gran fuente de alimento para los animales marinos, lo que trae un impacto negativo significativo para los ecosistemas.

- **Impactos tóxicos**

Los procesos metabólicos pueden ser impedidos por la inserción de elementos tóxicos del petróleo, la acumulación de estos elementos en las

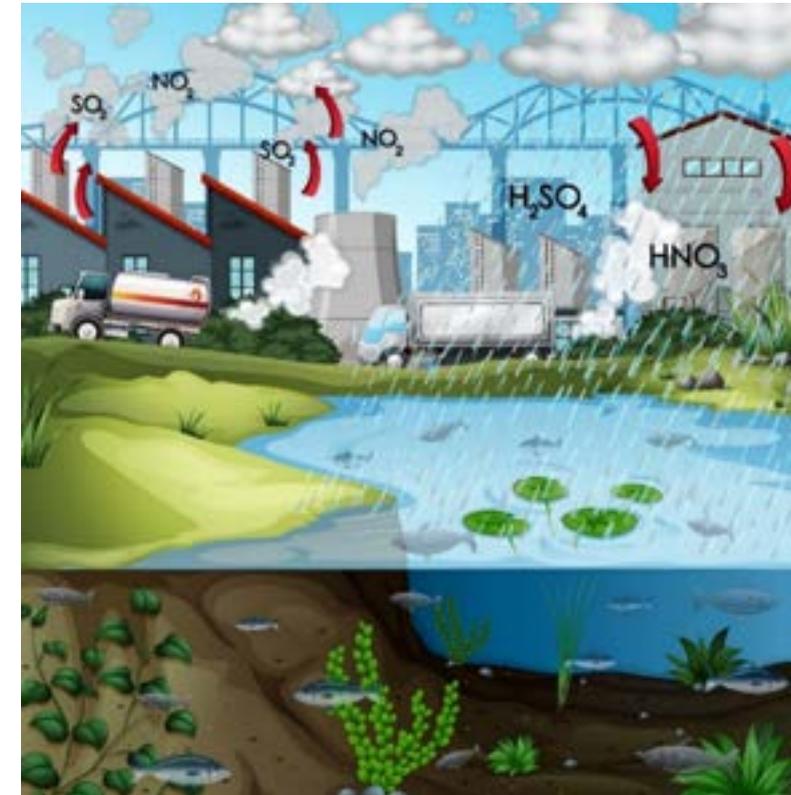
membranas de las células produce impedimento de intercambios entre la célula y el ambiente. La variación las características físicas del cuerpo como la tensión de la superficie, la temperatura, el PH, la potencia de óxido-reducción, la precipitación de componentes minerales, los cuales son imprescindibles para organismos celulares y el plancton tales como: vitaminas, nitrógeno, fósforo, hormonas oligoelementos, entre otros. Se debe tomar en consideración que, los agentes que se usan para lidiar con la contaminación, pueden ser dañinos para el medio marino por sus consecuencias negativas o tóxicas.

No solo los hidrocarburos son los únicos contaminantes en caso de derrames de petróleo, también los componentes orgánicos que vienen de sus modificaciones junto con elementos minerales o biológicos sumados al ambiente receptor en el transcurso de la reducción de impactos ambientales, aunque hoy en día hay químicos artificiales totalmente inofensivos que pueden esparcir el petróleo, también elementos que solidifican el petróleo y ayuda con eficacia la contaminación, aparentemente estos elementos no han afectado tóxicamente el medio hasta los momentos.

De todos los signos que pueda comprobar que el cuerpo de agua, ya sea por su color, olor o sabor, este puede sufrir consecuencias que desigulan su armonía; el signo más relevante que presenta es la desoxigenación la cual es debido a que los microorganismos se reproducen en multitudes, lo que supone una gran cantidad de oxígeno para descomponer materiales orgánicos o degradables biológicos. Los cambios químicos y físicos en el cuerpo de agua actúan de manera directa en las otras formas de vida (Galán, P. (2014).

### 3.1.7. IMPACTO DE AGUAS ÁCIDAS

*Figura 24. Lluvias ácidas*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Es importante entender esta clase de lluvia porque está fuertemente relacionado con la contaminación y diversas causas de contaminación parecidas en la naturaleza. La lluvia ácida se crea cuando el trióxido, dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno (contaminantes que están presentes en los productos derivados del petróleo, los desechos y los gases de escape de las fábricas y los automóviles, entre otros contaminantes) se combinan con la humedad del aire para formar una sustancia llamada vapor de humedad.

- **Formación de la lluvia ácida**

Todavía hay una serie de problemas que abordar para comprender completamente este problema ambiental, incluso después de haber definido la lluvia ácida e identificado sus causas principales. La lluvia ácida, incluyendo qué la causa específicamente, qué hace que se forme y cómo se forma. Todas las formas de agua ambiental, incluida la nieve, el hielo y la niebla, contienen dióxido de carbono. Como resultado, el agua es algo ácida, con un pH de alrededor de 5,6, pero la lluvia ácida tiene un pH de 5,0 y ocasionalmente puede alcanzar un pH de 3.

Cuando el “dióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno y el trióxido de azufre” entran en contacto y se combinan con la humedad del aire, se crea la lluvia ácida. Estos gases se combinan con el agua para formar ácido sulfúrico, ácido sulfuroso y ácido nítrico, lo que aumenta la acidez de la lluvia y daña el medio ambiente cuando cae.

Así como también, el agua ácida es un fenómeno natural derivado del llamado “drenaje ácido de roca”. Este proceso se origina a partir de sedimentos no desarrollados que están naturalmente expuestos en la superficie y se caracterizan por la presencia de sulfuros (como piritita y arsenopiritita) cuando se exponen al aire y al agua o descongelarse, causando finalmente la acidificación del agua (Boris Bozo, 2013)

- **Cómo se compone la lluvia ácida**

Antes de discutir las causas, efectos y consecuencias de la lluvia ácida en el medio ambiente y para las personas, solo hay un detalle que es necesario aclarar para comprender mejor este tema, es importante comprender sus componentes fundamentales.

Las siguientes son las fórmulas químicas de los constituyentes primarios de la lluvia ácida, o sus precursores:

- H<sub>2</sub>O: agua procedente de la humedad del ambiente
- NO<sub>x</sub>: óxidos de nitrógeno.
- SO<sub>2</sub>: Dióxido de azufre

- SO<sub>3</sub>: trióxido de azufre”.

Las fórmulas de los ácidos que se crean a partir de la mezcla anterior y que acidifican la humedad para crear lluvia ácida son las siguientes:

- “H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: peróxido de hidrógeno.
- H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>: ácido sulfúrico
- HNO<sub>3</sub>: ácido nítrico”.

### 3.1.8. AGUAS ÁCIDAS PRODUCIDAS POR MINERÍA

Los depósitos de sulfuros polimetálicos están relacionados con las aguas ácidas de las minas. También se crean en menor medida en las minas de carbón donde los sulfuros están presentes en cantidades mínimas. En el subsuelo, donde no hay oxígeno, los sulfuros son estables. Estas circunstancias no presentan ningún problema mientras se mantengan. El hierro y muchos otros elementos que están presentes en estos minerales se liberan cuando estos minerales se disuelven cuando se exponen al oxígeno y al agua.

Las bacterias acidófilas catalizan estas reacciones, por lo que cuando se alcanzan valores de pH bajos, sus poblaciones aumentan, aumentando la oxidación de sulfuros y la acidez. En otras palabras, es un proceso autosuficiente que, una vez que comienza, continuará durante cientos o incluso miles de años. Los ecosistemas acuáticos asociados podrían degradarse por completo si estos lixiviados llegan a las aguas superficiales.

En regiones donde los sulfuros son visibles en la superficie, este proceso ocurre naturalmente. Al extraer cantidades significativas de sulfuros y exponerlos al aire, perforar kilómetros de galerías y túneles permeables al oxígeno en el subsuelo, producir enormes relaves y otros residuos ricos en sulfuros, etc., la minería acelera la oxidación natural de estos minerales en varios órdenes de magnitud.

### 3.1.9. CONTAMINACIÓN EN LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA

“La Faja Pirítica Ibérica se extiende desde la parte occidental de la provincia de Sevilla hasta la costa atlántica portuguesa”, siendo Huelva la región de mayor desarrollo. Es una de las tantas regiones con gran concentración de yacimientos de sulfuros en el mundo, incluidos varios de los llamados “super gigantes con más de 100 millones de toneladas”.

Si existen materiales carbonatados en las rocas hospedantes de los yacimientos, como es el caso, del distrito minero Linares-La Carolina (Jaén), se puede neutralizar la acidez que produce la oxidación de los sulfuros. Lamentablemente, el cinturón de pirita casi no tiene rocas carbonatadas. Esto, junto con la abundancia de sulfuros y la intensa actividad minera, crea el ambiente perfecto para la formación de aguas ácidas con altísimos niveles de elementos tóxicos.

Como resultado de la extensa red de minas abandonadas de la Faja Pirítica Ibérica, las aguas ácidas tienen un impacto significativo en el sistema fluvial de la región. Cuando las aguas ácidas de los ríos Tinto y Odiel se mezclan con el agua de mar, la mayoría de los metales de origen minero precipitan y se acumulan en los sedimentos del fondo de la ría de Huelva.

Debido a que los organismos que viven en estos sedimentos asimilan algunas sustancias tóxicas que entran en la cadena trófica, los peces y moluscos de la ría de Huelva están extremadamente contaminados. El arsénico y el cadmio, dos sustancias que son más móviles en condiciones de pH neutro, también pueden permanecer disueltos en el agua e incluso llegar a las aguas costeras.

La minería moderna utiliza tecnologías para disminuir la producción de lixiviados ácidos y tratar cualquiera que se genere para cumplir con estrictas regulaciones ambientales. El problema en el cinturón de pirita es la enorme cantidad de desechos ricos en sulfuro que ha producido la antigua minería de los “siglos XIX y XX”, donde todavía se generan lixiviados ácidos.

Los grandes embalses que almacenan agua ácida no pueden destinarse a otra cosa sin someterse a un tratamiento intensivo, como el embalse de Sancho de 58 hm<sup>3</sup>. Esta histórica contaminación ha comprometido la calidad del agua del embalse de Alcolea, de 246 hm<sup>3</sup>, que se está construyendo en la cuenca del río Odiel.

La producción de lixiviados ácidos de minas de sulfuro cerradas puede durar mucho tiempo. El Sustrato Alcalino Disperso (DAS), que se desarrolla en la Universidad de Huelva, es un sistema de tratamiento pasivo que no requiere electricidad y puede funcionar durante años con poco mantenimiento (Irene Juste, 2022)

## CAPÍTULO 4 CONSECUENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

*Figura 25. Contaminación del agua y sus consecuencias*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

La contaminación sobre los recursos hídricos tiene consecuencias altamente graves en el medio ambiente y la salud de la tierra. Las aguas subterráneas dan el 80% de abastecimiento a la población mundial, pero el 4% ya ha sido contaminado. La falta de tratamiento apropiado para hacer que estas aguas puedan ser depositadas de nuevo a la naturaleza, es muy deficiente. Según la ONU 2 millones de aguas residuales son vertidas en los cuerpos de agua globalmente. Existen químicos que con solo unos pocos litros pueden contaminar largas extensiones de agua,

la nafta es uno de ellos, que con solo 4 litros pueden contaminar 2.8 millones de litro de agua.

La basura marina es toda aquella que ha sido lanzada a los mares, más del 60% de esta basura la constituye el plástico, el cual se presenta con 6.4 millones de toneladas al año. El mar Mediterráneo es el que mayor contaminación contiene, seguido de las costas de Francia, Italia y España, luego siguen el Mar Caribe, Mar Norte y Mar Celta.

#### 4.1. DESTRUCCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

*Figura 26. Destrucción de la biodiversidad*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Las especies de flora y fauna que habitan dentro de los mantos acuíferos, mantienen el equilibrio de los ecosistemas y con ello la salud del planeta, la falta de agua, la contaminación y el cambio climático han puesto en riesgo la vida de estos seres vivos, cada día se observan más cadáveres de animales marinos y aves que se alimentan de estas aguas contaminadas. Los peces, cangrejos y delfines son los animales

que mayormente se encuentran muertos flotando en la superficie, pues la intensa contaminación destruye su hábitat.

El Mar mediterráneo es un claro ejemplo de ser rico en diversidad biológica, pues este tiene especies exclusivas, pero este se está viendo amenazado por la explotación pesquera y la construcción de viviendas en todo su litoral, lo cual provoca el vertido de contaminantes al mar. La Posidonia mediterránea es exclusiva de este mar, pero está en peligro por las actividades contaminantes, esta planta está relacionada alrededor de 400 especies de plantas y 1.000 especies de animales, su existencia es importante para la defensa de la diversidad biológica.

En los mares la pérdida de la biodiversidad es muy inquietante, mucho más de lo que parece, esto es primordialmente por la acidificación de los cuerpos de agua salada, la explotación de la pesca y la destrucción de ecosistemas marinos, también se ha evidenciado la reducción de biomasa en la colectividad marina hasta un 80% en 15 años de ser explotada.

La contaminación por fertilizantes usados en las actividades agrícolas se acumula y pasa por los efluentes para drenajes, los cuales llegan a cuerpos de agua dulce causando que sus ecosistemas se colmen de algas, lo que da por resultado la eutrofización con el tiempo. La proliferación de estas algas trae como consecuencia, la reducción de la vida de fauna acuática, principalmente los peces, lo que conlleva a una problemática alimentaria en países del tercer mundo, sumando que también afecta la salud humana y de las especies pecuarias. Otro ejemplo de consecuencia por el perjuicio a la biodiversidad, se verá reflejado en las pérdidas económicas por la deficiencia de turismo, los ecosistemas costeros se ven afectados por la eutrofización causadas por el nitrógeno, pues esto contribuye a la producción de áreas sin oxígeno, esto genera una reducción en la productividad de la pesca, lo cual produce deficiencias en las oportunidades económicas (Galán, P. (2014).

## 4.2. CONTAMINACIÓN DE LA CADENA ALIMENTICIA

*Figura 27. Cadena alimenticia*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Al alterarse el agua de los mares, en casos de contaminación, irrumpe en la cadena alimenticia en su estado natural, pues al caer químicos dañinos como, el mercurio, plomo y cadmio contaminan el alimento de animales pequeños, estos mueren por la reacción nociva que causan estos químicos, luego animales más grandes se alimentan de los cuerpos inertes de estos causando así el mismo efecto en ellos mismos, consiguiente llegan a los mercados para el consumo humano. La cadena alimenticia con el paso del tiempo va perdiendo cada vez más su ciclo natural.

Los microorganismos accionan de forma directa en los establecidos químicos en el agua. La fauna marina percibe estos contaminantes y aportan en el esparcimiento en el transcurso de sus migraciones (ejemplo, las aves).

La cadena alimenticia se ve de esta forma:

Vegetales → animales herbívoros → animales carnívoros → hombre

Esta vertiente de petróleo en el mar, puede malograr las cadenas tróficas en todos sus niveles por medio de su ingesta o penetración, estos se concentran de forma gradual y con el tiempo, llegan a ser ingeridos por el hombre, la ingesta de estos alimentos resulta tóxico para el cuerpo humano. De las sustancias más tóxicas que podemos encontrar en estas cadenas son los hidrocarburos aromáticos policíclicos. Con esto en cuenta, los humanos reciben una porción de estos contaminantes, a pesar de que los alimentos a ingerir no muestren signos de contaminación, estos tienen efectos negativos con el tiempo por sus bajas concentraciones.

Pero no todo acaba aquí, estos hidrocarburos se unen a los tejidos adiposos, se desplazan por el cuerpo humano y al mismo tiempo se unen a las proteínas, esto afectan a los ácidos nucleicos y degenera los códigos genéticos y la memoria de especie.

Tomando en consideración a la fauna y flora marina, bajo esta posición, se eliminarán las fuentes más grandes de proveniencia de alimentos en la existencia y las grandes reservas de recursos bioquímicos de los especímenes vivos aproximados en las placas continentales, en otras palabras, la devastación de cuerpos vegetales como las algas e inestabilidad de la regulación de procesos biológicos que significa el mar para la Tierra.

### 4.3. IMPACTO EN LA SALUD HUMANA

*Figura 28. Impacto por contaminación*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

El agua contaminada es un gran transmisor de enfermedades que afecta la salud pública mundial. Una de las formas que el ser humano puede adquirir enfermedades por el agua es de forma directa: por la ingesta de aguas contaminadas, pueden provenir de pozos contaminados que abastecen grandes comunidades, también por medio del baño puede ocasionar infecciones en la piel (pueden ser locales o sistémicas) pueden afectar con más agresividad a personas con inmunodepresión. La forma indirecta: es cuando consumimos alimentos que fueron regados por aguas residuales, causando infecciones gastrointestinales o en casos más graves en órganos como los riñones, el hígado y el cerebro, por mencionar algunos, los animales como los moluscos son grandes transmisores de infinidad de polivirus que, al ser consumidos por el hombre, la salud se verá seriamente afectada. La reproducción de animales (insectos) transmisores de enfermedades como el dengue, paludismo y fiebre amarilla, en aguas contaminadas se hace más visible, esta problemática afecta a los más vulnerables como son las personas de bajos recursos económicos. Hay personas que son más susceptibles a estas enfermedades que cumplen con características desfavorables

como son: el sistema inmunológico débil, poca higiene personal, acidez gástrica baja y motilidad intestinal baja.

### 4.4. ESCASEZ DE AGUA POTABLE

*Figura 29. Escasez de agua*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

A nivel mundial esta problemática se hace cada vez mucho más visible, aunque tenemos grandes mantos hídricos, esta agua no se puede consumir por lo que el 97.5% es agua salada y el otro 2.5% es dulce, lo cual es un porcentaje bajo y que la mayoría de esta agua dulce ya está contaminada. Cada vez el acceso a aguas aptas para el consumo humano, van desapareciendo.

Existen muchas causas por la cual el planeta sufre de escasez de agua, pero la mayoría apuntan principalmente es a la contaminación, el cambio climático por el calentamiento global, el aumento de temperatura en los océanos hace que el agua se evapore. El uso de excesivo e irracional del agua en los hogares, empresas, restaurantes, en cualquier espacio del hábitat humana. Trabajo deficiente en las entidades u organizaciones que administran este recurso natural. La sobrepoblación y la baja economía, normalmente en los países más pobres hay aumento de población y

más demanda de agua potable. De forma natural, el agua también se contamina por las erupciones volcánicas o terremotos que despiden gases nocivos y alteran negativamente las aguas subterráneas. Todos estos factores causan que hoy en día veamos la escasez más notoria día con día.

Las consecuencias que debemos asumir serán difíciles de afrontar, pues estas nos afectarán a la calidad de vida de la raza humana y de los animales de todas las especies. El agua es necesaria para el riego de cultivos que nos provean alimento, salud vital, transporte, calefacción o enfriamiento, recreación, entre otros. Todo esto se verá afectado si no se toman las medidas correctas para reducir el impacto ambiental bajo la mano del hombre. Las consecuencias que más relevancia tienen son: Problemas económicos en cuanto a las empresas y financiamiento de explorar fuentes de agua alternativas, esto es peligroso pues las poblaciones locales se verían en apuros con su salud, pues el agua es un transmisor de enfermedades, como también la falta de ella debilita nuestras defensas y sistema inmunológico. La limpieza elimina bacterias que pueden afectar la salud del ser humano, para esto utilizamos el agua, esto nos permite que estemos exentos de enfermedades por insalubridad. Los lugares donde se hace presente la escasez del agua, propagan la insalubridad y consigo trae enfermedades mortales como el cólera, polio, disentería y fiebre tifoidea.

Las plantas a la falta de agua se debilitan y mueren, cuando esto ocurre no solo los humanos sufren de hambre también los animales, pues las plantas proveen alimentos para nuestro sustento. La deshidratación ocasiona que los seres vivos sufran de enfermedades o incluso la muerte, los síntomas pueden ser estreñimiento, vista borrosa, resequedad en la piel, pérdida de energía hasta desmayos.

#### 4.5. MORTALIDAD INFANTIL

En el mundo, la pobreza obliga a seres humanos a vivir bajo situaciones muy precarias, los niños son los más vulnerables en sufrir estas consecuencias. La diarrea es la principal enfermedad en causar millones de muertes en niños, la baja calidad de servicios sanitarios

y falta de agua potable estiman alrededor de 10 millones de muertes infantiles por año. El estado de salud de millones de niños se ve afectados por distintas enfermedades como el gusano de Guinea y la polio, estos ejemplos se propagan en lugares donde el saneamiento y servicios de acueducto básicos no son presentes. Estas enfermedades y falta de recursos no permiten el desarrollo normal de los niños, no disfrutan de calidad de vida donde ellos puedan explotar sus capacidades físicas e intelectuales, pues muchas enfermedades que se propagan por la ingesta de agua contaminada, causan secuelas como ceguera o parálisis y en casos más graves, la muerte.

Desde tiempos inmemorables, las mujeres y niñas son las encargadas de buscar agua para el sustento de sus familias, en muchos casos sufren violencia sexual, puesto que están vulnerables y desamparadas en el camino de su búsqueda. Otro factor a conocer es la falta de educación, pues normalmente no hay servicios sanitarios en las escuelas modificados para las niñas, en otras palabras, no hay retrete para hacer sus necesidades, y se arriesgan en ir a algún lugar desolado a cumplir con sus procesos metabólicos. Estas problemáticas y el contraer enfermedades hacen que la equidad, educación e igualdad para mujeres y niñas se vea afectada. Cada día mueren alrededor de 1000 niños por falta de agua potable, según datos de UNICEF (Unicef, 2022)

#### 4.6. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES POR LLUVIA ÁCIDA

Las lluvias ácidas son el resultado de los efectos negativos que conlleva la contaminación de la atmósfera. La quema de combustibles produce una reacción que toma con el vapor del agua y el oxígeno, se convierten en ácidos que por medio de precipitaciones llueve sobre la superficie de la Tierra. Estos ácidos que caen sobre los suelos y los recursos hídricos, significan un peligro para los ecosistemas y todos los seres vivos (plantas, animales y la raza humana).

La lluvia ácida es producida también de manera natural por las erupciones de los volcanes, incendios forestales, relámpagos y algunos microbios que producen dióxido de azufre y óxido de nitrógeno y

son despedidos hacia el aire. Sin embargo, el impacto ambiental sobre acción humana es el responsable de la gran mayoría de la emisión de dióxido de azufre, pues la inflación de combustibles en industrias y las plantas eléctricas suman un gran porcentaje, lo mismo pasa con las emisiones de dióxido de nitrógeno esto por los coches y motocicletas de combustión. Entre otros factores podemos encontrar la ganadería intensiva, esta actividad despiden gases como el amoníaco por la descomposición de excretas.

Este trío contaminante, pueden ser trasladados a distancias considerablemente largas desde su punto de origen, al contactarse con la atmósfera y se forman los ácidos sulfúricos y los ácidos nítricos, éstos ácidos se diluyen en las gotas de agua en las nubes y llueven en la superficie de la Tierra como lluvia ácida que además puede darse de manera nebulosa o en nieve (Iberdrola, 2022)

El pH de la lluvia se transforma cuando se mezclan los ácidos sulfúrico y nítrico, lo que compromete la capacidad de los ecosistemas para mantener el equilibrio cuando cae sobre el suelo y el agua. Este fenómeno, conocido como acidificación ambiental, tiene consecuencias negativas como:

- La productividad y la biodiversidad de los océanos pueden disminuir, como fuente de alimento para numerosos organismos y animales, el fitoplancton se ve perjudicado por la disminución del pH en las aguas marinas, lo que puede transformar la cadena alimenticia y generar la extinción de muchas especies marinas.
- Además, las aguas continentales están volviéndose ácidas de forma rápida, lo cual es preocupante dado que el 40% de los animales en especial los peces del mundo residen allí y que solo el 1% del agua del planeta es dulce. Esta acidificación incrementa los niveles de iones metálicos, especialmente de iones de aluminio, lo que muy probablemente pueden provocar la desaparición de una parte significativa de los anfibios, peces y plantas acuáticas de los lagos acidificados. Y los metales pesados se desplazan, lo

que hace que las aguas subterráneas no sean idóneas para el consumo humano.

- Los bosques tienen altas concentraciones de metales como el aluminio y bajos niveles de pH, lo que dificulta que la vegetación absorba los nutrientes y el agua que necesita. Al debilitar las plantas y hacerlas más susceptibles a enfermedades y plagas, esto daña las raíces, ralentiza el crecimiento y atrofia el crecimiento de las plantas.
- El patrimonio cultural, histórico y artístico también se ve afectado por la lluvia ácida. Cuando se deposita sobre los monumentos, arruina su apariencia externa además de corroer los componentes metálicos de los edificios y la infraestructura. El mayor daño se hace a las estructuras calcáreas, como el mármol, ya que se disuelven gradualmente como resultado de la interacción entre los ácidos y el agua. (Iberdrola, 2022)

Estos elementos precipitan en lluvia ácida, que cae sobre el suelo, edificios, agua, bosques, etc. al combinarse con la humedad del ambiente debido a su acidez, causando daño a todo. La lluvia ácida causa así daño ambiental.

Otro factor son los contaminantes que se sueltan al quemar carbón, derivados del petróleo que contienen azufre, etc., no solamente contaminan la atmósfera y la humedad de la región en la que se producen, sino que también pueden viajar distancias grandes por el viento, llegando a miles de kilómetros, antes de mezclarse con la humedad, transformándose en ácidos y luego precipitándose en forma de lluvia u otras formas de precipitación, como granizo, nieve, niebla, etc. Esto quiere decir que, si bien la contaminación puede originarse en un área del mundo, puede provocar que la lluvia ácida caiga en otra. Los siguientes son otros efectos de la lluvia ácida:

- Acidificación de ecosistemas de agua dulce, incluidos lagos, ríos, mares y océanos. Debido a esto, tanto la vida acuática como la terrestre sufrirán significativamente si las personas no pueden

consumir los peces y otros animales que viven en estas aguas o beber de ellos.

- Daño considerable a la vegetación en bosques y otros hábitats naturales, directa y encubiertamente. Plomo, calcio, zinc, aluminio y hierro son solo algunos de los iones que caen hasta estar en contacto con la tierra como consecuencia de los protones de la atmósfera acidificada de este fenómeno, que agotan el suelo y hacen que pierda nutrientes. Los vegetales sufren de estrés y deficiencias de nutrientes como resultado directo de esto, lo que los enferma, los hace más susceptibles a la infestación de plagas e incluso fatales. Donde esto ocurre, existe menos vegetación, hábitat y alimento tanto para los animales como para las personas.
- Extingue la existencia de microorganismos fijadores de nitrógeno, disminuyendo así el nitrógeno ambiental.
- La lluvia ácida corroe materiales como piedra, madera y plástico, entre otros, dañando y degradando su superficie. Por ejemplo, el mármol o la piedra caliza que forman muchas edificaciones, estatuas y esculturas se ha corroído con el tiempo porque los ácidos de estas precipitaciones tienen la capacidad de disolver el carbonato de calcio que es un componente de los materiales que forman estas estructuras.
- Los ácidos sulfatados de estas precipitaciones aumentan el efecto invernadero. Pueden estar presentes pequeñas cantidades de sulfato, pero cuando interactúan con ciertos elementos que se encuentran en áreas pantanosas, los metanógenos, los microorganismos que producen gas metano de forma natural, pueden producir más (Irene Juste, 2022).

## CAPÍTULO 5 SOLUCIONES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

### 5.1. DEPURACIÓN NATURAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

*Figura 30. Depuración del agua*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

En general, se puede decir que los cursos fluviales tienen una capacidad de autodepuración (especialmente de materia orgánica), que está relacionada con el caudal y con la revuelta del agua.

La existencia de seres vivos que pueden consumir restos orgánicos y descomponerlos es la base para la autodepuración de los ríos, por decirlo de manera más específica. También depende de la generación de "oxígeno disuelto (OD)" por parte de la vegetación acuática durante la fotosíntesis.

Cuando hay suficiente oxígeno disuelto en un río, las bacterias anaeróbicas convierten los materiales orgánicos en minerales que son nutrientes para las algas. Estos, junto con las algas, proporcionan alimento a los protozoos, crustáceos y moluscos, que a su vez alimentan a los peces y otras formas de vida acuática. Todos ellos muriendo y pudriéndose, lo que devuelve los nutrientes a la vegetación, termina el ciclo.

Se pueden identificar varias zonas cuando un curso de agua recibe una cantidad significativa de aguas residuales. Por ejemplo:

#### 5.1.1. ZONA DE DEGRADACIÓN

Es donde se vierten los contaminantes, se observa descuidado, desagradable a la vista y ocasionalmente con mal olor. La materia orgánica comienza a descomponerse debido a las bacterias, que consumen mucho oxígeno. Rápida reducción del oxígeno disuelto de 10 a 4 ppm.

*Figura 31. Zonas de degradación por contaminación.*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

#### 5.1.2. ZONA SÉPTICA

El agua con apariencia oscura y de olor pútrido, los niveles de oxígeno disuelto son completamente bajos o de nula presencia y los niveles de DBO5 muy altos, fuera de límite (15 a 100mg/l).

#### 5.1.3. ZONA DE RECUPERACIÓN

En este lugar, el agua empieza a recuperar su aspecto natural. El aumento de la vida vegetal (algas o cianobacterias) ayuda a restaurar el oxígeno disuelto. La descomposición del material orgánico se completa con bacterias aeróbicas. Se evidencia la presencia de varios tipos de crustáceos y larvas de insectos. Se logran los niveles típicos de DBO o de oxígeno disuelto.

La autodepuración solo funciona sobre materia biodegradable y es ineficaz cuando hay un exceso de contaminantes; en estos casos, se deben instalar estaciones de tratamiento de aguas residuales (De Puerto Rico, E. L. A., de la Gobernadora, O., & de Calidad Ambiental, J. (2003)).

### 5.2. DEPURACIÓN DE VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES

La mayoría de las descargas de aguas residuales en ríos, lagos y océanos de todo el mundo ocurren sin ningún tratamiento previo. Normalmente en los países del primer mundo se instalan "estaciones depuradoras de aguas residuales" para el tratamiento adecuado del agua. En términos generales, el propósito de estos tratamientos es disminuir la cantidad de contaminante en el vertido y hacerlo ambientalmente seguro.

Además de las medidas preventivas como la educación y la información que se utilizan para garantizar los cuerpos de agua exentos de la contaminación, la tecnología moderna ofrece una serie de métodos que se pueden utilizar para tratar el agua contaminada. La siguiente descripción presenta las técnicas primarias de tratamiento de aguas residuales según el nivel de filtración deseado, las cuales pueden someterse a varios niveles de tratamiento. En consecuencia, es posible discernir los siguientes niveles:

- **Pretratamiento**

Los restos voluminosos, como ramas, telas, plásticos y otros materiales, se separan durante este proceso mediante tamices y rejillas. Para este paso se usan las técnicas como: Tanques para sedimentar, cámaras de arena y cámaras de rejillas.

### 5.2.1. TANQUES DE SEDIMENTACIÓN (TRATAMIENTO PRIMARIO)

En primera instancia en el tratamiento de las aguas residuales, se procesa mediante técnicas físico-químicas, los materiales en suspensión de estas aguas son forzados a sedimentar. Los sólidos en suspensión quedan atrás durante la sedimentación y, por lo general, se dejan en lo profundo del tanque que contiene el agua contaminada o en cualquier otra superficie que esté un poco más paralela al horizonte. La sedimentación tarda más en completarse cuanto más pequeñas son las partículas que contienen agua. Cuando se agregan químicos quelantes a las aguas residuales, aceleran y mejoran la sedimentación de los materiales suspendidos en el agua. Los sólidos en suspensión de forma automática por medio de mecanismos propios tocan el fondo de estos tanques, luego son recogidos y trasladados a un digestor anaerobio de fangos. Este procedimiento continúa equilibrando el pH y eliminando contaminantes volátiles como el amoníaco.

- **Cámara de rejillas**

Todo tipo de elementos, incluyendo latas, retazos de tela, objetos plásticos y otros, son arrastrados por el agua desde los sistemas de recolección. Estos pasan principalmente a través de inodoros y alcantarillas descubiertos antes de ingresar al sistema de recolección. Cuanto más rápido se eliminan a través de rejillas, más grande es el objeto. Las rejillas se utilizan antes de los tanques de sedimentación, pero no se requieren si el agua se trata en la fuente. Generalmente, los sistemas de recolección de agua emplean esta técnica.

- **Cámara de arena**

Se utiliza comúnmente, para aguas sanitarias e industriales que provienen de naturalezas de estilo municipal o regional sin ser tratadas en la fuente. Las aguas que se vierten en la cámara de arena impactan con las presiones de aire que salen del fondo de la cámara a través de un sistema de tubos con perforaciones. El material fijado a los granos de arena se desprende por las presiones del aire. Los chorros de aire y la turbulencia interna de la cámara deben tener un ajuste correcto de tal forma que los granos de arena estén flotando al llegar a la mitad de su fondo. Estos ajustes evitan que los granos de arena se rebosen con el agua y permite lavar el material suelto porque es más liviano o más pequeño que los granos de arena. De esta forma se ve el proceso de tratamiento primario del agua resumido:

Cámara de rejillas → Cámara de arena → Tanque de sedimentación.

### 5.2.2. TRATAMIENTO SECUNDARIO

Este se encarga de la expulsión de partículas coloidales y semejantes de las aguas residuales, se realiza a través de procesos biológicos y químicos. Se distinguen 3 técnicas para este proceso:

- **Filtro de goteo**

Usando esta estrategia, el agua contaminada fluye continuamente a través de un lecho de piedra de 2 1/2 a 3 pulgadas de diámetro. El área que se va a recubrir está dependiendo del flujo de agua, la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno del efluente y la profundidad del lecho rocoso, que puede alterarse de 6 a 10 pies. La materia orgánica se fija a las piedras a medida que el agua contaminada fluye sobre ellas, favoreciendo el aumento de varios organismos como la bacteria "zooglea ramiguera", que produce una baba verde. Los laterales que transportan el agua filtrada y las capas de "zooglea" que se ramifican hacia un tanque de sedimentación forman el sistema de drenaje debajo del lecho de piedra.

- **Lodo activado**

Otro método para minimizar los contaminantes en el agua implica el uso de dos tanques de sedimentación que alternan 12 efluentes continuamente, lo que permite que el oxígeno del aire se disperse continuamente en el líquido. Los efluentes de los tanques se agitan constantemente, lo que da como resultado el desarrollo de capas de zooglea comparables a las de los filtros percoladores pero sin ninguna adherencia superficial. Una vez que finaliza el período de agitación, el agua se desborda hacia un tanque de sedimentación secundario con capacidad suficiente para minimizar la agitación del agua y permitir que las capas de zooglea se desarrollen y se asienten como lodo que se eliminará automáticamente. Un tanque de digestión anaeróbica recibe el 70% del total de lodos removidos, devolviéndose el 30% restante al tanque donde se mezcla la sustancia. La recirculación del 30% del lodo actúa como semilla o pie y acelera nuevamente el desarrollo de zooglea. Lodo activado es el nombre que se le da al crecimiento rápido y activo.

- **Digestor de lodos anaeróbicos**

Un tanque de digestión anaeróbica recibe lodos de los tanques de sedimentación primario y secundario. Los lodos se mantienen durante dos meses en tanques de digestión anaeróbica debido a los malos olores que producen. Casi todo el azufre de la materia orgánica se convierte en sulfuro de hidrógeno durante este tiempo, que luego se libera a la atmósfera. Para asegurarse de que el sulfuro de hidrógeno y otros gases generados en el tanque de digestión puedan salir del tanque sin permitir que entre aire, es esencial excluir completamente el oxígeno del tanque para que funcione según lo previsto. Hay dos zonas dentro del digestor: una cerca del fondo, donde el lodo digerido es más sólido, y otra cerca de la superficie, donde el líquido del digestor tiene el contenido más bajo de sólidos en suspensión. Los lodos de entrada de los tanques de sedimentación y la salida del líquido que se acumula se ubican entre las dos zonas. Se utilizan tubos para extraer el lodo digerido del fondo del digestor y transportarlo a las camas de secado. Debido a que el líquido que se extrae del digestor tiene una concentración muy alta de sólidos en

suspensión y demanda bioquímica de oxígeno, se transporta al efluente de la planta de tratamiento de agua.

### 5.2.3. TRATAMIENTO TERCIARIO

Este se aplica a los efluentes de los decantadores secundarios de sedimentación. El contaminante del agua que debe eliminarse determina el tipo de tratamiento utilizado. El carbón activado, la eliminación de nutrientes, la coagulación química, los filtros de arena y otras técnicas de tratamiento terciario están disponibles incluso para eliminar el mismo contaminante.

- **Carbón activado**

Se aplica para eliminar los residuos de materias orgánicas que provienen de los efluentes de los tanques de sedimentación. Se usa el carbón activado en granos introducidos en medio de columnas hechas con un material que se preste para el proceso. Por tanto, el agua fluya y atraviese las columnas, el carbón atrapa la materia orgánica. El agua obtenida a través de este proceso es de buena calidad, pero no puede considerarse potable sin antes congelarla químicamente, filtrarla a través de lechos de arena y clorarla. Aplicar carbón activado en polvo directamente al agua y eliminarlo a través de filtros de arena es un método más eficiente de usarlo. Pero debido a que el carbón activado en polvo no se puede regenerar como el carbón activado granular, es más costoso (Álvarez Martínez, O. 2016).

### 5.3. REMOCIÓN DE RESIDUOS DE PETRÓLEO

*Figura 32. Extracción de petróleo*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

#### 5.3.1. RESIDUOS DE PETRÓLEO

Es importante señalar que se necesitan procedimientos y métodos muy específicos para la depuración de los vertidos provocados por residuos de petróleo. Entre estos métodos se pueden destacar:

#### 5.3.2. CONTENCIÓN Y LIMPIEZA DEL DERRAME

Para la contención del derrame de petróleo se utilizan barreras físicas, y durante la limpieza se separa el petróleo y el agua mediante sistemas de succión (como centrifugación, bombeo de succión, adhesión a discos rotatorios, fibras absorbentes, etc.). Pero solo del 10 al 15 por ciento es el total de eficiencia para recuperar la descarga.

#### 5.3.3. DISPERSANTES

Los dispersantes son sustancias químicas que emulsionan el petróleo en pequeñas gotas, lo que reduce la gravedad de un derrame de

petróleo y promueve el crecimiento de bacterias que descomponen los hidrocarburos.

#### 5.3.4. INCINERACIÓN

La quema de aceite que ha sido derramado constituye incineración. Dado que alcanza el 95% de los vertidos de hidrocarburos, es un método muy eficaz para eliminarlos. El problema causado por este método es que produce mucho humo espeso con muchas partículas.

#### 5.3.5. BIODEGRADACIÓN

Debido a que existen microorganismos (principalmente hongos y bacterias) que se nutren de los hidrocarburos y los convierten en otros componentes químicos no contaminantes, su crecimiento se apresura mediante la adición de los nutrientes y el oxígeno necesarios para que aumente significativamente el número de microorganismos.

#### 5.3.6. LIMPIEZA DE COSTAS

*Figura 33. Limpieza de costas*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Cuando los vertimientos recorren y llegan a las costas, provoca un importante impacto negativo ecológico a ese ecosistema. Las rocas contaminadas se pueden limpiar con chorros de agua o arena, después de lo cual el petróleo extraído con esta técnica normalmente se recolecta y extrae manualmente. Cuando la magnitud del vertido lo permite, se retiran manualmente de las zonas playeras y se recogen los seres vivos que se han contaminado con hidrocarburos.

Uno de los entornos más afectados y degradados por la actividad humana es el mar, las playas y las costas.

Estos son algunos de los principales problemas que afectan a playas y costas, además de la contaminación provocada por todo tipo de residuos, incluidos los petroleros que les llegan y dañan gravemente el ecosistema, la depredación de animales marinos utilizados para el consumo humano, incluidos mejillones, almejas, copas y muchos otros, la erosión del agua y la lluvia, los cuales pueden traer contaminantes. Por un lado, está el encogimiento de las playas como consecuencia del desarrollo de hoteles y otras edificaciones.

Aunque esto no es cierto, los turistas tienden a ver las playas solo como características escénicas. En el mar y en las playas se pueden encontrar una gran variedad de especies, que en su conjunto forman un entorno con un importante valor ambiental y potentes fenómenos climáticos.

La peor degeneración en las áreas costeras fue provocada por las actividades humanas.

La grave situación en la que se encuentran la mayoría de las playas del mundo es el resultado de una planificación ambiental inadecuada, el uso excesivo de los recursos y la falta de control estatal.

Sin tener un efecto negativo sobre el medio ambiente, es posible desarrollar y utilizar las costas para el turismo.

Para poder disfrutar de los paisajes y recursos que nos proporciona la naturaleza sin destruirlos ni alterarlos, se puede desarrollar un turismo sostenible.

Pero para que este tipo de acciones sean respetadas tanto por los turistas como por quienes explotan comercialmente estos lugares, los estados locales deben promoverlas y regularlas.

Es crucial preservar el equilibrio ecológico y asegurar que las generaciones futuras puedan disfrutar de la naturaleza protegiendo las playas, el mar y todo lo que allí reside.

## 5.4. DIFERENTES SOLUCIONES PARA LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Existen sólidas protecciones legales para el agua limpia en los países desarrollados, desafortunadamente, las buenas intenciones no siempre son sostenidas o duraderas.

Hacer cumplir las leyes actuales es el primer paso en la estrategia simple para combatir la contaminación del agua. Además de las leyes, la sociedad en su conjunto y usted como individuo pueden aprovechar algunas soluciones viables.

### 5.4.1. LA DISMINUCIÓN DE NUTRIENTES Y PESTICIDAS

Hay cinco categorías generales para reducir la cantidad de nutrientes y pesticidas químicos que contaminan el agua:

- En áreas de césped en áreas urbanas y suburbanas, usar menos pesticidas y fertilizantes.
- Se puede descubrir cómo solucionar los problemas de los ríos, tener un hermoso césped y dejar de gastar dinero en productos químicos nocivos.
- Los humedales no deben destruirse más y, siempre que sea posible, deben restaurarse.
- Conducir menos.
- Las emisiones de los automóviles son responsables de aproximadamente un tercio de la contaminación por nitrógeno. Mejor tratamiento de aguas residuales.

### 5.4.2. REDUCCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Los propietarios de tanques sépticos deben tener cuidado de evitar instalar y mantener sus sistemas de una manera que contamine las aguas subterráneas o esté cerca de las aguas pluviales.

Los programas para monitorear la playa deben financiarse por completo para desalentar la natación cuando las condiciones no son seguras. Vale la pena hacerlo hasta que se resuelvan las aguas residuales, aunque somos conscientes de que no es realmente una solución a la contaminación del agua.

### 5.4.3. MINIMIZANDO LA PÉRDIDA DE BOSQUES

*Figura 34. Minimizar la tala*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Cuando se eliminan todos los árboles de un bosque, el ecosistema muere y no puede continuar brindando este servicio. Los bosques actúan como esponjas para absorber la lluvia cuando cae.

El agua de lluvia ingresa directamente a los arroyos, fluyendo más expuesta al suelo, recogiendo y transportando sedimentos contaminados a las vías fluviales cercanas.

Abogar por las restricciones de tala, así como por los bosques. También se recomienda utilizar estrategias para reducir el uso de papel. Además, vale la pena mencionar lo contaminante que es el proceso de fabricación del papel (Guadarrama-Tejas, R., Kido-Miranda, J., Roldan-Antúnez, G., Salas-Salgado, M., Mata-García, M., Vázquez-Briones, M. D. C., ... & Ortega-Herrera, F. 2016).

### 5.4.4. INDUSTRIAS SOSTENIBLES Y AGRICULTURA

Ambas son actividades humanas esenciales, por lo que es fundamental tomar medidas para mejorar la eficiencia en el consumo de agua y evitar contaminarla con sustancias nocivas.

### 5.4.5. TRANSPORTE SOSTENIBLE

*Figura 35. Disminución de la contaminación de agua por transporte.*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

A través del medio ambiente terrestre, es posible disminuir la contaminación del agua. No sólo la contaminación atmosférica y acústica la producen los coches y otros vehículos, también entra al agua, por ejemplo, a través de la lluvia ácida, contaminando acuíferos lo cual cambia la calidad de esta.

#### 5.4.6. MINIMIZAR EL USO DE BATERÍAS Y ACEITES

El agua puede contaminarse con cualquier desecho que se arroje al medio ambiente pero que no se recicle. Pero se debe prestar especial atención al aceite y las baterías. La biodiversidad acuática sufre graves daños como resultado de la contaminación por petróleo, que es un contaminante del agua particularmente agresivo. Por otro lado, las baterías y acumuladores contienen una cantidad importante de minerales que se disuelven en agua y pueden ser consumidos por los peces. Para evitar que estos productos contaminen el agua y causen daños irreparables, se debe reciclar a menudo.

#### 5.4.7. REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE PLÁSTICOS

Para disminuir la contaminación del agua, el plástico de un solo uso debe usarse con menos frecuencia y reciclarse siempre que sea posible en el contenedor adecuado. El plástico tarda mucho en degradarse y permanece en el medio ambiente durante muchos años antes de desintegrarse en pequeños fragmentos que son perjudiciales para el agua y toda la vida acuática.

La protección del medio ambiente y el cambio climático son los dos principales problemas a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad. Es obvio que se deben tomar medidas drásticas y urgentes para reducir el consumo de plástico y controlar las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que los plásticos representan una grave amenaza para el medio ambiente debido a su velocidad de degradación extremadamente lenta. ¿Es posible vivir sin plástico? ¿Qué se puede hacer para ayudar a lograr este cambio?

*Figura 36. Consumo de plásticos*



Fuente. [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

#### **Impactos de este tipo de contaminación**

No solo los seres vivos sufren como resultado de la contaminación plástica; estos residuos también tienen un impacto en la calidad del suelo, el aire y el agua. Islas masivas de plástico, una disminución de la biodiversidad y una grave amenaza para la salud pública son solo algunas de las consecuencias del uso abusivo de este material contaminante.

- Las islas hechas de plástico representan una seria amenaza para la vida marina. Los grandes océanos del mundo contienen actualmente cinco enormes concentraciones de desechos plásticos: una en el Océano Índico, en el Atlántico y en el Pacífico.
- La extinción de muchas especies por consumo de plástico, atrapamiento, amputación de extremidades o cambios en la propia fisiología de los animales.
- Amenaza para la salud pública: El ser humano está acostumbrado al riesgo que supone este tipo de contaminación, que incluye la bioacumulación de contaminantes en la cadena alimentaria y el

uso de productos químicos en su producción de ftalatos, Bisfenol A, endurecedores, pinturas, etc., además de los que se vierten durante el proceso de degradación, presentan un grave riesgo para la salud humana.

### **Cómo ayudar a reducir el uso de plástico:**

Aunque eliminarlo de nuestras vidas es una tarea difícil, como todos sabemos, no es insuperable. Podría ser hora de comenzar a pensar en formas de reducir nuestro consumo de plástico ahora que somos conscientes de la amenaza que representa para el medio ambiente y para nuestra propia salud.

- Siempre que sea posible, comprar al por mayor, negarse a consumir alimentos y bebidas en envases de un solo uso.
- Utilizar los recipientes de plástico que ya tenemos para almacenamiento y otros fines en nuestros hogares.
- En lugar de comprar vasos de espuma de polietileno o de papel laminado o botellas de plástico, use su propia botella de agua o termo reutilizable.
- Tener siempre consigo sus propias bolsas de compras reutilizables. La mejor opción es tener siempre alguno a mano por si necesitamos hacer una compra impulsiva. Esto se puede hacer guardando un poco en la bolsa o en la cajuela del automóvil.
- Comprar frutas y verduras de temporada en el mercado de su barrio sin envases de plástico y cargar las compras en bolsas de tela o en un carrito de compras.
- Plástico biodegradable: comprar platos y vasos biodegradables si necesita comprar platos de plástico para reuniones o fiestas.
- Los sándwiches deben envolverse en bolsas reutilizables de tela, vidrio o acero inoxidable.
- Los alimentos que se envasan en bandejas de espuma de poliestireno, las bandejas de plástico comunes que se ven con frecuencia en los supermercados, deben rechazarse.

- Una vez que los recipientes de plástico de la cocina comiencen a desgastarse, reemplázalos por recipientes de vidrio o acero inoxidable.
- Evitar usar poliéster y en su lugar usar ropa hecha de materiales naturales como algodón o lana.
- No comprar juguetes de plástico.
- Usar agua del grifo, que no genera residuos, a diferencia del agua embotellada. Ambos son menos costosos. (AQUAE, 2022)

### **5.4.8. PREVENCIÓN DE AGUAS ÁCIDAS**

Dado que los humanos son la causa raíz del problema, está en nuestro poder abordarlo. Reducir las emisiones contaminantes es crucial para reducir la lluvia ácida porque ayudará a mitigar el problema. Algo que requiere un compromiso a nivel gubernamental y empresarial para apoyar una serie de acciones es:

- Antes de devolver el agua usada de fábrica a los ríos, filtrarla y desintoxicarla.
- Hacer que la industria reduzca sus emisiones de gases nocivos.
- Fomentar la creación y consumo de energía limpia en detrimento de los combustibles fósiles.
- Reducir la cantidad de energía utilizada en empresas y fábricas.
- Fomentar la innovación y las tecnologías de punta diseñadas para reducir el uso de energía y producir energía limpia.
- Sembrar árboles para filtrar el aire contaminado.
- Sensibilizar a la población sobre la necesidad de reducir el consumo de energía en los hogares.
- Fomentar el uso de vehículos eléctricos y otras opciones de transporte limpio, como la bicicleta. (Iberdrola, 2022)

El agua también tiene una cualidad ácida, que está determinada por la cantidad de iones de hidrógeno presentes en los otros elementos que están suspendidos o disueltos en el agua.

Se considera que el agua es ácida cuando el número de iones de hidrógeno es inferior a 7, y frecuentemente, la acidez es la que provoca ciertos efectos contra la propia agua. Cuando los metales entran en contacto con aguas ácidas, los metales pueden corroerse y los seres vivos pueden morir.

Una de las fuentes de contaminación, tienen el potencial de dañar el medio ambiente de manera irreparable si no se tratan rápidamente.

Hay muy pocas opciones para limpiar las aguas contaminadas una vez que se han liberado. Así lo sostiene el Dr. Bernhard Dold, geólogo de la Universidad de Ginebra, quien destaca que, aunque algunos depósitos pueden ser tratados antes de ser utilizados para consumo humano o riego agrícola, es costoso y “casi poco práctico”.

Casi ninguna de las soluciones globales a este problema, según Dold, ha tenido éxito. En Alemania se gastaron 6.600 millones de euros en la limpieza de un distrito de uranio, “una medida que no logró solucionar el problema, como ejemplifica”.

Bahía de Ite en Perú es una excepción a la regla, donde la tecnología permitió la creación de un humedal. Este caso fue sumamente afortunado porque en el sitio había disponibilidad de recursos hídricos. Debido a la escasez de agua, esta iniciativa es, según el geólogo, inviable en el norte de Chile.

Ante esta situación, los expertos destacan la importancia de desarrollar programas que permitan no sólo la predicción del fenómeno, sino también su generación y potencial flujo. A pesar de mencionar la estabilidad física y química de los yacimientos, la Ley de Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras vigente no especifica qué tipo de ensayos y pruebas se deben realizar para pronosticar la calidad y caudales de aguas ácidas. (Minería Chilena, 2021)

## BIBLIOGRAFÍA

2Life. (2020). *Contaminación del agua a causa de la minería*. <https://2life.es/es/blog/3-preocupados-contaminacion-del-agua-a-causa-de-la-mineria/>

AGUA, 2007, Contaminación del agua por metales, <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-metales/>

AGUAS ÁCIDAS EN MINERÍA: *La amenaza fantasma - Minería Chilena*. (n.d.). Retrieved January 4, 2023, from <https://www.mch.cl/reportajes/aguas-acidas-en-mineria-la-amenaza-fantasma/>

ALVAREZ MARTÍNEZ, O. (2016). La hidrosfera y el ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración y el problema de la escasez de agua. *Publicaciones Didácticas*, 72(1), 112-116.

AQUAE. (2022). *Consumo de plásticos: ¿es posible reducirlo? - Fundación Aquae*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/consejos-para-usar-menos-plasticos/>

BARBOZA LIZANO, Ó. (2013). Calentamiento Global: “la máxima expresión de la civilización petrolifera”. *Revista del CESLA. International Latin American Studies Review*, (16), 35-68.

BARRANTES, Kenia, CHACÓN, Luz María, SOLANO, Melissa, & ACHÍ, Rosario. (2013). Contaminación fecal del agua superficial de la microcuenca del río Purires, Costa Rica, 2010-2011. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 33(1), 40-45. Recuperado en

30 de diciembre de 2022, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-25562013000100009&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562013000100009&lng=es&tlng=es).

BENÍTEZ-DÍAZ, P., & MIRANDA-CONTRERAS, L. (2013). Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de Latinoamérica. *Revista Internacional de contaminación ambiental*, 29, 7-23.

BENÍTEZ, E. M. L., VERDECIA, G. M., & CASTELL, M. A. P. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *16 de abril*, 60(279), 854.

BONILLA CÁRDENAS, J. A., & LEMUS FLORES, Clemente. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(2), 215-246. Recuperado en 30 de diciembre de 2022, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242012000200006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200006&lng=es&tlng=es).

BORIS BOZO. (2013). *Contaminación Ambiental: Contaminación De Aguas Superficiales*. <https://contaminacionambientalbolivia.blogspot.com/2013/01/contaminacion-de-aguas-superficiales.html>

CARTIF. (2019). *¿Hay radiactividad en el agua que consumes? - Blog CARTIF*. <https://blog.cartif.es/hay-radiactividad-en-el-agua-que-consumes/>

CELIX CALIXTO, Nelson Javier, CÁRDENAS GUTIÉRREZ, Javier Alfonso, BECERRA MORENO, Dorance. 2022. *Gestión sostenible de los recursos hídricos en Colombia*. Ecoe Ediciones S.A.S.

Contaminación ambiental, 2013, <https://contaminacionambientalbolivia.blogspot.com/2013/01/contaminacion-de-aguas-superficiales.html>)

DE PUERTO RICO, E. L. A., de la Gobernadora, O., & de Calidad Ambiental, J. (2003). contaminación de agua.

GALÁN, P. (2014). Contaminación petrolera. *Signos Universitarios*, 18 (35).

GIL, Miriam Janet, SOTO, Adriana María, USMA, Jorge Iván, & GUTIÉRREZ, Omar Darío. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73. Retrieved January 05, 2023, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552012000200005&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000200005&lng=en&tlng=es).

GUADARRAMA-TEJAS, R., KIDO-MIRANDA, J., ROLDAN-ANTUNEZ, G., SALAS-SALGADO, M., MATA-GARCÍA, M., VÁZQUEZ-BRIONES, M. D. C., ... & ORTEGA-HERRERA, F. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1-10.

IBERDROLA. (2022). *Lluvia Ácida: Qué es, Causas y Consecuencias - Iberdrola*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/lluvia-acida>

IRENE JUSTE. (2022). *Lluvia ácida: definición, causas y consecuencias - Resumen*. <https://www.ecologiaverde.com/lluvia-acida-definicion-causas-y-consecuencias-1052.html>

LEYVA CASTELLANOS, Celia Isveidy. 2013, Contaminación del agua por descargas de aguas residuales, <https://acortar.link/DSqrub>

LIBRARY. (2022). *Contaminación de las fuentes de agua a causa de la minería de carbón*. <https://library.co/article/contaminaci%C3%B3n-fuentes-agua-causa-miner%C3%ADa-carb%C3%B3n.8ydmmney>

LLUVIA ÁCIDA: *Qué es, Causas y Consecuencias - Iberdrola*. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/lluvia-acida>

MARTA GÓMEZ, Nicolas Martín, (2019). *¿Hay radiactividad en el agua que consumes? - Blog CARTIF*. <https://blog.cartif.es/hay-radiactividad-en-el-agua-que-consumes/>

POVEDA JARAMILLO, G., & MESA SÁNCHEZ, Ó. J. (1995). Efectos hidrológicos de la deforestación. *Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*.

TÉCNICO, G. (2009). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia Subdirección de Recursos Naturales*.

SALAS-SALGADO, G. (2016). *Contaminación del agua*. 2, 1–10. [www.ecorfan.org/spain](http://www.ecorfan.org/spain)

RESOLUCIÓN No.60/2015

ROMERO, A. M., GÓMEZ, K. F., SÁNCHEZ, J. O., & GARCÍA-LUJÁN, C. (2009). *Monitoreo de la calidad microbiológica del agua en la cuenca hidrológica del Río Nazas, México*. *Química Viva*, 8(1), 35-47.

UNICEF, *Día Mundial del Agua: 1.000 niños mueren cada día por falta de agua potable*. (n.d.). Retrieved December 29, 2022, from <https://www.unicef.es/noticia/dia-mundial-del-agua-1000-ninos-mueren-cada-dia-por-falta-de-agua-potable>

[www.freepik.es](http://www.freepik.es)

Este libro se terminó de imprimir  
en el mes de febrero de 2023  
**EDICIONES NUEVA JURÍDICA**  
TELÉFONO: 232 71 13  
E-MAIL: [nueva\\_juridica@yahoo.com](mailto:nueva_juridica@yahoo.com)  
[www.nuevajuridica.com](http://www.nuevajuridica.com)  
Bogotá D.C. - Colombia



**E**l impacto que ha venido sufriendo los recursos hídricos a nivel mundial ha llegado ser uno de las principales causas del calentamiento global, debido a las grandes cantidades de vertimientos y desechos que se realizan a diario en ríos, lagos, quebradas, océanos etc. Localmente en la "cuenca del río Zulia" que comprende de 14 municipios, el cual ninguno de los cuales cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales. Esto se suma a los vertidos rurales existentes, que incluyen los agrícolas. Las fuentes de agua superficiales son los principales receptores de las aguas residuales industriales y domésticas de los centros urbanos de los municipios.

La sobrepoblación en áreas urbanas, los flujos de descarga lógicamente han aumentado, practicando una fuerza cada vez mayor sobre el recurso hídrico que actúa como receptor, particularmente durante las estaciones secas cuando aumenta el índice de escasez. La Corporación realizó en 2007 el estudio Aporte al Diagnóstico de la "Cuenca del Río Zulia", que incluye un estudio de la calidad del agua que se realiza al cuerpo hídrico, especialmente en puntos sobre los ríos Cucutilla en los sectores de Arboledas, tres puntos de muestreo en el cauce principal en Cornejo, San Javier y Puerto León, así como Salazar y Quebrada Zulasquilla (Plan de ordenamiento de manejo de la cuenca hidrográfica del Río Zulia).

*(Aparte tomado de la Introducción del libro)*

¡ESCANÉAME!



[www.nuevajuridica.com](http://www.nuevajuridica.com)

E-ISBN 978-958-49-8681-8  
ISBN 978-958-49-8680-1



[www.nuevajuridica.com](http://www.nuevajuridica.com)