



**UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

TESIS

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA CON FILTRO DE
ZEOLITA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACOBIOLOGO**

PRESENTA

ERNESTO RUBIO FERREL

ASESORES

**DR. JOSÉ OCTAVIO RODILES LÓPEZ
DR. JOSÉ CARLOS RUBIO ÁVALOS**

Febrero 2023 Morelia, Michoacán

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Considero realmente el agradecer a Dios, primero por su voluntad de guiarme en mi vida y proteger de ella. Por secuencia agradezco a mi padre y madre por otorgarme la vida y sus enseñanzas.

En este trabajo me inspiré en el trabajo de tesis que tuvo mi asesora del servicio social cuando estaba realizando mi servicio social en SAGARPA la SADER, agradezco a mi asesora la Mc. Yunuen Janitzio Meza Ramírez por su insistencia en que decidiera realizar un estudio de tesis, ya que yo realmente quería realizar Ceneval, me convencí por su trabajo de tesis que realizó sobre un sustrato que protege los suelos del cual me indicó que fue muy factible para ella en ciertos aspectos. De esta manera reconocí la importancia de una tesis y me dejé que me instruyera los pasos de una tesis y la elección de una idea fundamental.

Reconozco agradecer a tres grandes pilares de este trabajo, el primero con quien me guie fue con el Dr. Raúl Cortez, mi profesor de fermentación industrial de noveno semestre, y con quien me guie en poner el uso del agua en procesos industriales, detalles generales del agua, recordando con agrado el agua desde el punto vista químico; el segundo pilar fue mi profesor de Microbiología VI, Tellitud Hilario Sosa Ruíz, con quien aprendí los sectores nacionales que administran y gobiernan el agua, como también las diferentes formas de una purificación del agua y aspectos notorios como las causas de una agua contaminadas y su procedencia

Agradezco a Conagua y a la encargada del departamento de Control de calidad del agua, la Dra. Viridiana Martínez Ruiz, por reconocer este trabajo y brindar los laboratorios para los estudios del agua.

Agradezco a mi tío, el Dr. José Carlos Rubio Avalos, quien me dio la oportunidad de realizar el filtro y fabricar el componente de zeolita con silicato de potasio más carbono activado de plata, siempre recordare con afecto esos momentos con él al fabricar el filtro.

Y con profundo afecto reconozco agradecer al presidente de esta tesis, a quien solicité fuera mi asesor y admiro grandemente, Dr. José Octavio Rodiles López, en la forma de asesorarme y que es realmente eficiente y brillante. Recuerdo cuando estaba en noveno semestre, y el profesor Rodiles abordó el agua en la industria de alimentos y que finalmente fortaleció más la idea de este trabajo de tesis.

Es un placer agradecer a todos mis profesores que he tenido en mi vida, ya que de todos aprendí y a ningún profesor excluyo; agradezco con mucho afecto a toda mi familia, a mis padres y en especial a mis abuelos que realmente me dieron maravillosos consejos y hermosos recuerdos, y ejemplo a seguir en mi vida.

RESUMEN

Una de las prioridades del planeta y humanidad es el consumo de agua potable. Se debe por un lado inculcar a la gente la importancia de proteger y preservar las diferentes fuentes de agua para consumo, y por otro, buscar alternativas para la purificación de esta. En México existen muchas regiones donde las poblaciones sufren enfermedades o mueren a causa de una mala calidad de agua.

En función a esta problemática, se elaboró un filtro casero para optimizar la calidad de agua tipo potable. El filtro fue hecho con una botella de plástico y conteniendo de arriba hacia abajo, algodón, carbón activado con plata, arena de mar, arena silica, piedras, una pasta de zeolitas, y nuevamente algodón. Cada elemento tiene su propia función, y de manera tal que el conjunto de estos garantiza la potabilidad del agua. Cabe señalar que la pasta de zeolitas también fue elaborada por nosotros. La pasta de zeolitas fue elaborada con carbón activado, bicarbonato de plata y agua, y calentada a 60°C por 24 horas para la formación de dicha pasta.

Se realizaron estudios de campo en la localidad del Madroño de Zinapécuaro, Michoacán, México, con el fin de estudiar la funcionalidad del filtro sobre el agua que beben las personas de dicho lugar. Se llevó la muestra de agua tratada a CONAGUA, Morelia, Michoacán, para validar la calidad del agua. Se evaluaron varios parámetros: pH, color, turbiedad, alcalinidad total, dureza total, dureza por calcio, dureza por magnesio, sulfatos, cloruros, nitratos, sólidos disueltos, y coliformes totales y fecales. Acorde a los resultados de este estudio, el agua filtrada usando nuestro filtro cumple con todos los requisitos establecidos por las normas mexicanas correspondientes. Los valores finales fueron pH de 8.2; color, 5; turbidez, 2.5 UTN; alcalinidad total, 64.3 mg/L; dureza total, 52.8 mg/L; dureza calcio, 28.4 mg/L; dureza magnesio, 24.3 mg/L; sulfatos, 8.8 mg/L; cloruros, 5.4 mg/L; coliformes fecales, 0 UFC/100 mL; coliformes totales, 1,100 UFC/100 mL; nitrógeno amoniacal, 0.1 mg/L; nitrógeno de nitratos, 0.7 mg/L; y sólidos disueltos totales, 82 mg/L.

Acorde a dichos resultados, el agua filtrada corresponde a una agua tipo blanda. Todos los valores obtenidos entran dentro de los rangos establecidos por las Normas Mexicanas, a excepción del nitrógeno amoniacal, y coliformes totales, y en función a esto se sugiere hacer un estudio sobre la calidad microbiológica del origen de dicha agua.

Así mismo, como parte de nuestro trabajo en dicha localidad, capacitamos a sus pobladores para implementar un sistema de hidroponía en sus tierras.

PALABRAS CLAVE: AGUA, FILTRO ZEOLITA, PORTABILIDAD, CALIDAD

ABSTRACT

One of the priorities of the planet and humanity is the consumption of drinking water. On the one hand, people must be instilled with the importance of protecting and preserving the various sources of water for consumption, and on the other, look for alternatives for the purification of this. In Mexico there are many regions where populations suffer illnesses or die from poor water quality.

Depending on this problem, a homemade filter was developed to optimize the quality of drinking water. The filter was made with a plastic bottle and adding cotton, activated carbon with silver, sea sand, silica sand, stones, a zeolite paste and again cotton. Each element has its own function, and in such a way, that the set of them guarantees the potability of the water. It should be noted that the zeolite paste was also made by us. The zeolite paste was made with activated carbon, silver bicarbonate, and water, and heated to 60°C for 24 hours for the formation of the paste.

Field studies were conducted in the town of Madroño de Zinapécuaro, Michoacán, Mexico, and to study the functionality of the filter on the water that people drink from that place. The treated water sample was taken to CONAGUA, Morelia, Michoacán, to validate the water quality. Several parameters were evaluated: pH, color, turbidity, total alkalinity, total hardness, calcium hardness, magnesium hardness, sulfates, chlorides, nitrates, dissolved solids, and total and fecal coliforms. According to the results of this study, the water filtered using our filter meets all the requirements established by the corresponding Mexican standards. The final values were pH 8.2; color, 5; turbidity, 2.5 UTN; total alkalinity, 64.3 mg/L; total hardness, 52.8 mg/L; calcium hardness, 28.4 mg/L; magnesium hardness, 24.3 mg/L; sulfates, 8.8 mg/L; chlorides, 5.4 mg/L; fecal coliforms, 0 CFU/100 mL; total coliforms, 1,100 CFU/100 mL; ammoniacal nitrogen, 0.1 mg/L; nitrate nitrogen, 0.7 mg/L; and total dissolved solids, 82 mg/L.

According to these results, the filtered water corresponds to a soft type of water. All the values obtained fall within the ranges established by the Mexican Standards, except for ammoniacal nitrogen, and total coliforms, and based on this it is suggested to make a study on the microbiological quality of the origin of said water.

Likewise, as part of our work in that locality, we trained its inhabitants to implement a hydroponics system on their lands.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1. EL AGUA	1
1.1. Propiedades físicas	2
1.2. Propiedades químicas	3
2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA.....	4
2.1. Diferentes formas del agua	5
2.2. El ciclo del agua	6
2.3. El agua superficial	6
2.4. El agua subterránea	7
2.5. Tipos de agua por su composición y usos.....	9
3. CALIDAD DEL AGUA	10
3.1. Dureza.....	11
4. PRINCIPALES PROBLEMAS DE CALIDAD DEL AGUA	11
4.1. Desechos industriales	12
4.2. Desechos humanos.....	12
4.3. Aumento de las temperaturas	13
4.4. Uso de pesticidas en la agricultura.....	13
4.5. Deforestación	14
4.6. Detergentes	14
4.7. Metales pesados	14
4.8. Derrames de petróleo.....	14
5. MICROORGANISMOS PATÓGENOS.....	15
5.1. Coliformes	15
5.2. Enterobacterias	16
5.3. Otras bacterias	16
5.4. Virus	16
A. Colera.....	16
B. Dengue.....	17
6. NORMATIVIDAD DEL AGUA EN MÉXICO	18
6.1. dependencias que trabajan con el agua potable	19
6.2. vigilancia del agua	19
6.3. el agua purificada	20
7. PURIFICACIÓN COMERCIAL DEL AGUA POR HUMANOS	20
7.1. Tanque de agua cruda	21
7.2. Cloración	21
7.3. Filtración.....	21
A. Filtro de arena	22
B. Filtro de carbón activado.....	22
C. Filtro pulidor.....	23
7.4. Ósmosis inversa	23
7.5. Intercambio iónico	24
7.6. Luz ultravioleta	26
7.7. Ozono.....	27
7.8. Envasado	27
A. Envases.....	28

B. Llenado.....	28
8. FILTRO ZEOLITA-SILICATO-CARBÓN CON PLATA.....	28
8.1. Zeolitas.....	29
8.2. Silicatos.....	31
8.3. Carbón activado.....	32
8.4. Plata.....	32
9. TRATAMIENTO INDUSTRIAL DE AGUAS PARA HUMANOS.....	32
9.1. Agua para la industria de alimentos.....	34
9.2. Agua para cultivos hidropónicos.....	34
II. JUSTIFICACIÓN.....	36
III. HIPÓTESIS.....	36
IV. OBJETIVOS.....	37
1. OBJETIVO GENERAL.....	37
2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	37
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
1. ELABORACIÓN DEL FILTRO DE ZEOLITA TIPO CASERO.....	38
1.1. Materiales.....	38
1.2. Procedimiento.....	38
1.3. Pasta de zeolitas.....	39
2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS.....	39
2.1. pH.....	39
2.2. Color.....	39
2.3. Turbiedad.....	39
2.4. Alcalinidad total.....	40
2.5. Dureza total.....	40
A. Dureza por calcio.....	40
B. Dureza por magnesio.....	40
2.6. Sulfatos.....	41
2.7. Cloruros.....	41
2.8. Coliformes.....	41
2.9. Nitrógenos.....	41
A. Nitratos.....	41
2.10. Sólidos disueltos.....	41
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	42
1. ELABORACIÓN DE LA PASTA DE ZEOLITAS.....	42
1.1. Mezclar componentes.....	43
A. Validar la firmeza del componente en agua.....	43
2. INGREDIENTES DEL FILTRO COMPLETO.....	44
2.1. Algodón.....	44
2.2. Pasta de zeolitas.....	45
2.3. Piedras shungita.....	45
2.4. Carbón activado.....	45
2.5. Piedras.....	45
2.6. Arena sílica.....	46
2.7. Arena de mar.....	46
2.8. Carbón activado con plata.....	47
3. EVALUACIÓN DEL FILTRO DE ZEOLITAS.....	47

4. REPORTE CONAGUA	48
5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS.....	50
5.1. pH.....	50
5.2. Color.....	50
5.3. Turbidez	50
5.4. Alcalinidad total	51
5.5. Dureza total	51
a. Dureza calcio.....	52
b. Dureza de magnesio	53
5.6. Sulfatos	53
5.7. Cloruros.....	53
5.8. Microorganismos	54
a. Coliformes fecales.....	54
b. Coliformes totales.....	54
5.9. Nitrógeno amoniacal.....	55
5.10. Nitrógeno de nitratos	55
5.11. Sólidos disueltos	55
6. PRUEBAS RURALES DEL FILTRO DE ZEOLITA	56
7. HIDROPONÍA EXPERIMENTAL.....	57
VII. CONCLUSIONES	60
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Agua y Puentes de Hidrógeno	3
Figura 2. El Agua en la Tierra	5
Figura 3. Aguas Superficiales	7
Figura 4. Agua Subterránea.....	8
Figura 5. Basura en el Agua	12
Figura 6. Contaminación Hídrica por Pesticidas	13
Figura 7. Derrames de Petróleo en el Mar	15
Figura 8. El agua como vehículo de enfermedades	17
Figura 9. Purificación de Agua vía seres humanos	21
Figura 10. Filtro de Carbón Activado.....	22
Figura 11. Filtro de Intercambio Iónico.....	24
Figura 12. Luz Ultravioleta	27
Figura 13. Zeolitas	30
Figura 14. Planta Potabilizadora de Agua.....	33
Figura 15. Materias Primas Filtro de Zeolitas.....	38
Figura 16. Filtro de Agua de Zeolitas	42
Figura 17. Mezcla de Ingredientes Pasta de Zeolitas	43
Figura 18. Batido de los Componentes	43

Figura 19. Calentamiento en Horno de la Mezcla	44
Figura 20. Zeolita Horneada.....	44
Figura 21. Piedras de Color	46
Figura 22. Arena de Silica	46
Figura 23. Llenado de muestra de la zona rural para analizar.	48
Figura 24. Comisión Nacional de Agua, CONAGUA, Morelia, Michoacán.....	48
Figura 25. Resultados CONAGUA.....	49
Figura 26. Análisis de pH	50
Figura 27. Alcalinidad.....	51
Figura 28. Análisis de Dureza	52
Figura 29. Cloruros	54
Figura 30. Nitrógeno amoniacal	55
Figura 31. Sólidos Totales.....	56
Figura 32. Donación del Filtro a una Zona Rural en Michoacán.	57
Figura 33. Agua Filtrada.....	57
Figura 34. Riego por Goteo Construido	58
Figura 35. Plantas cultivadas en una botella plástico.....	59

I. INTRODUCCIÓN

El planeta nos recuerda continuamente, con sequías cada vez más extremas, que sin agua no hay vida. Este recurso es imprescindible no solo para la supervivencia de los seres vivos que lo habitamos, sino también para el desarrollo socioeconómico, la producción de energía o la adaptación al cambio climático. Sin embargo, en la actualidad, nos enfrentamos a un enorme reto: la contaminación de ríos, mares, océanos, canales, lagos y embalses (Pérez, 2016).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible, es decir, esta es agua tóxica que no se puede ni beber ni destinar a actividades esenciales como la agricultura, además de una fuente de insalubridad que provoca más de 500.000 muertes anuales a nivel global por diarrea, y transmite enfermedades como el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Enfermedades ocasionadas por uso de agua contaminada para salud humana (Pérez, 2016).

Debido a que no tiene un valor energético, ya que no sufre cambios químicos durante su utilización biológica, el agua en muchas ocasiones no se considera como nutrimento; sin embargo, sin ella no podrían llevarse a cabo las reacciones bioquímicas. Las principales funciones biológicas del agua estriban fundamentalmente en su capacidad para transportar diferentes sustancias a través del cuerpo, disolver otras y mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal. Esto se logra porque puede permanecer líquida en un intervalo de temperatura relativamente amplio y porque tiene propiedades como disolvente. Muchas de las macromoléculas con interés bioquímico, como son las proteínas, incluyendo enzimas, y los ácidos nucleicos, se vuelven activas cuando adquieren sus correspondientes estructuras secundaria, terciaria, etc., debido a la interacción que establecen con el agua (Pérez, 2016).

1. EL AGUA

El agua químicamente pura no existe en la naturaleza, porque tiene una gran facilidad para solubilizar los compuestos minerales, por lo que se le considera como el solvente universal. Cuando está en contacto con el suelo y formas geológicas adquiere sustancias minerales que las convierte en solución, además, está en contacto con la atmósfera y solubiliza los gases de esta. En cualquier caso, cantidad exacta variará en función del nivel de actividad, la temperatura, la humedad, la dieta y otros factores (Rhoades y Tanner, 2003).

A nivel industrial el agua también es un elemento esencial. El agua es el compuesto principal de todos los procesos de fermentación. El contenido de minerales de agua es muy importante en el proceso de elaboración de la cerveza; y en particular en el proceso de maceración. Las aguas duras a fuerte concentración de contenido en sulfato de calcio son mejores para cervezas amargas; mientras que las aguas en fuerte concentración de contenido de carbonato son mejores para cervezas oscuras (Armstrong y Bennett, 1982)

También el agua es necesaria en numerables servicios auxiliares como el calentamiento, enfriamiento y limpieza. Durante la evaluación de la adecuación de un aprovisionamiento de agua es importante tomar en cuenta el pH, las sales disueltas, y su polución. También es un agente activo esencial en muchos de los procesos metabólicos de los seres vivos (Armstrong y Bennett, 1982).

1.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Su densidad es de 1 g/cm^3 . Amplio margen de temperaturas en fase líquida ($0\text{-}100^\circ\text{C}$), y con un punto de congelación a 0°C , mientras que el de ebullición es de 100°C a nivel del mar, la elevada constante dieléctrica: permite la disociación de la mayoría de las sales inorgánicas en su seno y permite que las disoluciones puedan conducir la electricidad (Campbell y Reece, 2013).

Calor específico y calor de vaporización elevados. Esto hace que el calor liberado en reacciones bioquímicas exotérmicas sea fácilmente absorbido y/o eliminado con pequeña variación de la temperatura del individuo (Campbell y Reece, 2013).

Tensión superficial muy elevada, y por ello es pegajosa y elástica. Esta propiedad de un líquido puede explicarse por las diferencias en las fuerzas de atracción intermoleculares de diferentes líquidos. Cualquier molécula que se encuentra en el seno de un líquido está rodeada por moléculas que la atraen con igual fuerza en todas direcciones. Pero, una molécula que se encuentre por debajo de la superficie de un líquido es atraída por otras moléculas que se encuentran por debajo y no arriba de ella. Esto da como resultado una fuerza que no está balanceada y que se dirige hacia abajo, tendiendo a arrastrar a las moléculas de la superficie hacia el seno del líquido y con ello la superficie se reduce a un mínimo, la superficie del líquido se comporta como una membrana elástica tensa. En un fluido cada molécula interacciona con las que le rodean. El radio de acción de las fuerzas moleculares es relativamente pequeño, abarca a las moléculas vecinas más cercanas, y consecuentemente, el líquido intenta adquirir la forma que tiene el área superficial más pequeña posible, es decir la forma de una esfera. La magnitud de la fuerza que controla la forma del líquido se llama la tensión superficial (Gilbert, 2012).

1.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

La molécula del agua tiene carga eléctrica positiva en un lado y negativa en el otro, propiedad que ocasiona que sus moléculas se unan entre sí. Tienen un carácter dipolar, las moléculas de agua se orientan en torno a las partículas polares o iónicas, formando una envoltura de solvatación. Esto se traduce en una modificación de las propiedades de estas partículas (Gilbert, 2012).

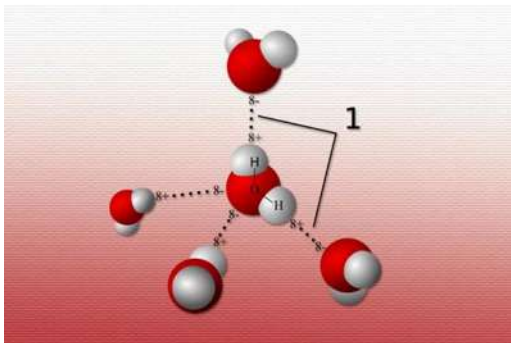


Figura 1. Agua y Puentes de Hidrógeno

El agua pura tiene un pH neutro de 7; esto significa que no es ácida ni básica. Reacciona con los óxidos ácidos, los óxidos básicos y el metal. Cuando se une el agua y las sales, se forman los hidratos (Gilbert, 2012).

Las características del agua como disolvente se deben a su elevada polaridad. Esta polaridad le permite interactuar con muchas moléculas, sobre todo polares e iónicas, como las diferentes sales y muchos compuestos orgánicos con funcionalidades polares. Otras sustancias muy importantes que pueden ser disueltas por el agua son los gases. El oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂) se disuelven en el agua, lo cual es fundamental para la vida acuática, ya que de esta manera los animales y plantas acuáticos adquieren sus nutrientes, y también para nuestra propia vida, pues es necesario poner en disolución estos gases para después transportarlos a las células que los necesitan o sacarlos del organismo (Gilbert, 2012).

Las interacciones del agua con sustancias no-polares también son muy importantes, pues, aunque las moléculas de agua no puedan interactuar directamente con estos sustratos, las interacciones entre moléculas de agua alrededor del sustrato generan una especie de “jaula” para las moléculas no-polares (como grasas y aceites), y permite desplazar a estas moléculas a la superficie o a otras zonas no-polares (Reece, 2013).

El agua, entonces, es el medio perfecto para que se lleven a cabo las reacciones químicas necesarias para la vida, pues ofrece una fase homogénea para que los reactivos se encuentren y para desechar los productos no deseados (Reece, 2013).

La vida inició gracias a la formación de un caldo primitivo acuoso, así que la vida como la conocemos está enteramente relacionada con el agua como el origen de todo. Importancia de las propiedades físicas y químicas del agua (Reece, 2013).

El agua tiene algunas propiedades físicas y químicas importantes para los ecosistemas: El hielo es menos pesado que el agua en estado líquido, y por esta razón, el hielo flota en la superficie de los lagos y mares. Durante el invierno, esta capa de hielo aísla al agua más profunda, que se mantiene líquida y a una temperatura aproximada de 4°C. Las grandes masas de agua, como los océanos, almacenan el calor que reciben del sol y lo liberan lentamente (Pierre, 2013).

El agua disuelve muchas sustancias y las retiene, aunque varíe la temperatura. Su capacidad de disolver los nutrientes del suelo es fundamental para que las plantas puedan absorberlos por sus raíces. Además, la propiedad de disolver sustancias y mantenerlas, permite que algunos procesos metabólicos de los organismos vivos se mantengan estables a pesar de las oscilaciones térmicas. Plantas y animales equilibran su temperatura mediante la transpiración, es decir, utilizando la propiedad del agua de transformarse en vapor absorbiendo calor. Además, actúa como vehículo para que los animales se desprendan, a través del sudor y la orina, de sustancias que al acumularse serían perjudiciales para el organismo. Es un importante medio de intercambio de la energía. Cuando se evapora o condensa, gran cantidad de energía es utilizada o liberada (Pierre, 2013).

La presencia de iones en el agua que puede aportar reacciones químicas indeseables durante la tecnología de su preparación. El hierro puede decolorar los pigmentos naturales, el cobre provoca oxidación como destrucción de la vitamina C. y el calcio y el magnesio aceleran reacciones y activan enzimas actuando como cofactores (Pierre, 2013).

2. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA

El agua dulce se distribuye en un 70% en agua congelada en glaciares y un 30% en la humedad del suelo o acuíferos. Respecto al resto, un 1% se encuentra en cuencas hidrográficas y... tan solo un 0.025% es potable. Datos oficiales afirman, por tanto, que sólo el 0.007% del agua existente en la Tierra es potable, y esa cantidad se reduce año tras año debido a la contaminación (Pierre, 2013).

El agua que se encuentra en la naturaleza, estado sólido en casquetes polares y en las nieves, líquida en océanos y aguas continentales, y de vapor en la atmósfera, en conjunto forma la llamada hidrosfera (Pierre, 2013).

El volumen de agua en la Tierra es aproximadamente de 1,500 millones de km³. De esa cantidad, aproximadamente un 97 por 100 es el agua salada de los mares y océanos y sólo el 3 por 100 es agua dulce. La mayor parte del agua dulce se halla en forma de

hielos perpetuos en los casquetes polares y glaciares. El resto constituye las aguas continentales y vapor atmosférico. Comparativamente, esta porción gaseosa es muy pequeña. A lo largo del tiempo, la naturaleza mantiene inalteradas prácticamente las cantidades totales de agua que hay en cada estado. Esto es muy importante, ya que cualquier variación significativa del vapor de agua total contenido en la atmósfera influiría en el clima de la Tierra. Cualquier descenso importante en el volumen de hielo polar, aumentaría el nivel del mar (Pierre, 2013).



Figura 2. El Agua en la Tierra

2.1. DIFERENTES FORMAS DEL AGUA

Una de las características más sorprendentes del agua es su capacidad para cambiar de estado según la temperatura, presión y otros parámetros que afectan a su estructura. Así, según su estado, podemos diferenciar entre estos tipos de agua (Daubert et al., 2012):

- **Agua Sólida.** Aparece en forma de nieve, hielo y granizo, el cual se acumula en muchas regiones del planeta, como el hielo de los asombrosos glaciares y la nieve perpetua de las cumbres de alta montaña. El agua sólida supone el 2.1% del total de agua que hay en la Tierra.
- **Agua Líquida.** Constituye el gran reservorio de agua del planeta, abarcando distintas distribuciones y propiedades, siendo el componente esencial de los ecosistemas acuáticos. Se distribuye tanto en la superficie del planeta (dando lugar a aguas superficiales de ríos, lagos, manglares, etc.), como en el subsuelo, formando las llamadas aguas subterráneas (acuíferos y pozos naturales).
- **Agua Gaseosa.** El agua en estado gaseoso se encuentra en la atmósfera, representando tan solo el 0.001% del total de agua que existe en el planeta Tierra.

Por otro lado, el nivel de salinidad del agua es otro de los principales factores que permite diferenciar distintos tipos de agua:

- **Agua Salada.** Tal y como su propio nombre indica, que cuenta con una elevada concentración de sales, 35 g/L. Esta es el agua que constituye los océanos del planeta.
- **Agua Salobre.** La concentración de sales en este tipo de agua es mediana, entre los 1-35 g/L. Ejemplos de ecosistemas acuáticos de agua salobre son las marismas y los estuarios de los ríos en su desembocadura hacia el mar.
- **Agua Dulce.** La concentración de sales en el agua dulce es muy baja, inferior a 1 g/L. Este es el agua que constituye los ríos, lagos, manglares, acuíferos y glaciares, entre otros ecosistemas de agua dulce del planeta.

2.2. EL CICLO DEL AGUA

El ciclo de agua tiene una interacción constante con todos los ecosistemas, ya que todos los seres vivos dependen de ella para sobrevivir, y a su vez a ayudar a operar la sustentabilidad de la vida. El ciclo hidrológico presenta una cierta dependencia con respecto a una atmosfera poco contaminada y un grado de pureza de agua para su desarrollo clásico, si no, el ciclo seria obstaculizado por los cambios de tiempo de vaporización y condensación (Yunguo et al., 2020).

Una descripción breve del ciclo de agua es la evaporización, donde el agua se evapora, ya sea en la superficie de océanos, ríos y lagos, así como en la transpiración de plantas y sudoración de humanos y animales. Las plantas contribuyen con el 10% del agua que se incorpora a la atmosfera. Posteriormente sucede la condensación, donde el agua se condensa en forma de nubes y con su posterior precipitación en forma de lluvia (Yunguo et al., 2020).

2.3. EL AGUA SUPERFICIAL

Las aguas superficiales continentales son todas aquellas quietas o corrientes en la superficie del suelo. Se trata de aguas que discurren por la superficie de las tierras emergidas (plataforma continental) y que, de forma general, proceden de las precipitaciones de cada cuenca. Reciben una carga orgánica producto de nulo o escaso tratamiento del agua utilizada en servicios urbanos e industria, y una quinta parte de los principales mantos subterráneos de agua en el país registran sobreexplotación y, en consecuencia, un sensible deterioro de su calidad (La Jornada, 2006).



Figura 3. Aguas Superficiales

La calidad del agua de los ríos y arroyos sugieren percepciones homogéneas entre los grupos "político" e "institucional", a través de las narrativas encontramos diferencias que dificultan el encaminamiento de las soluciones, pues se observó que existen personas que perciben las soluciones como una acción de la sociedad en su conjunto (Yunguo et al., 2020).

Hay muchas cosas que hacer y más que nada es la concientización de nosotros mismos de que la contaminación a largo plazo, los mismos afectados somos nosotros, entonces, hay que hacer mucha labor de concientización, programas y talleres y como individuos hasta donde uno puede aportar algo (M. A. S. G., hombre, grupo "político") (Yunguo et al., 2020).

El estudio de las percepciones es importante para acercarse a la visión que la gente tiene de su entorno natural, de su transformación y también a las causas que la explican (Lazos y Paré, 2000).

2.4. EL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea fluye fuera de la tierra de manera natural en manantiales y filtraciones, y además puede bombearse de los pozos. El agua subterránea se encuentra bajo la superficie terrestre y ocupa los poros, oquedades y fisuras entre las rocas más sólidas (Yunguo et al., 2020).

Por lo general, mantiene una temperatura similar al promedio anual en la zona, por ello, en las regiones árticas, puede encontrarse en forma de hielo. La mayor parte de los yacimientos de agua están a poca profundidad y en todo el planeta representa unas veinte veces más que la totalidad de las aguas superficiales, por ello la importancia de esta agua como reserva y como recurso de agua dulce (Yunguo et al., 2020).

Las aguas subterráneas desempeñan un papel de gran importancia en la naturaleza. El efecto de la gran reserva de agua respecto al flujo anual es vital para mantener el

caudal de base de muchos ríos, y la humedad del suelo en las riberas y áreas bajas. El agua subterránea supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas. Puede surgir en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de sequía, puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando no hay escasez, es preferible utilizar agua subterránea por su pureza al estar libre de contaminación de residuos o microorganismos (Yunguo et al., 2020).

Aunque el agua subterránea está menos contaminada que la superficial, la contaminación de este recurso también se ha convertido en una preocupación en los países industrializados. El control sobre las actuaciones en los acuíferos es de fundamental importancia para evitar su sobreexplotación, uso irracional, lo cual da lugar a problemas tales como el agotamiento de las reservas, el deterioro de la calidad del agua, e impactos económicos y medioambientales (Yunguo et al., 2020).

Las aguas subterráneas se encuentran en formaciones geológicas porosas llamadas acuíferos, por donde el agua se mueve y se conecta con las aguas superficiales. El contenido de agua en los acuíferos puede variar según las condiciones meteorológicas, las tasas de explotación y las tasas de recarga. Por ejemplo, en época de fuertes lluvias puede aumentar la tasa de recarga. Sin embargo, en época de sequía donde se mantiene la tasa de explotación, podría bajar el nivel del agua (Yunguo et al., 2020).

Se pueden clasificar de dos maneras distintas según se siga el enfoque del ciclo hidrológico o en la zona donde se encuentren (Dubois y Avignon, 2022).

En función del ciclo hidrológico podemos distinguir aguas meteóricas, que son aguas que una vez infiltradas, son absorbidas por las plantas y transpiradas o evaporadas hacia la atmósfera o zonas de descarga (manantiales, ríos, lagos, etc.); aguas fósiles, que son aguas muy salinas que permanecen “secuestradas” por acumulación geológica y que no tienen vinculación con el ciclo hidrológico; aguas juveniles o magmáticas, que son aguas que provienen de zonas muy profundas que puede incorporarse al ciclo hidrológico cuando aparecen erupciones volcánicas y géiseres (Dubois y Avignon, 2022).



Figura 4. Agua Subterránea

En cambio, en función de la zona donde las aguas subterráneas se encuentran existen dos tipos: aguas edáficas, que son aguas subterráneas que se encuentran en la zona de aireación, y que es retenida por capilaridad entre las partículas del suelo y es fundamental para el desarrollo vegetativo; aguas freáticas, que se encuentran en la zona de saturación, y es la primera capa de agua subterránea que se encuentra al realizar una perforación, y la más susceptible a la contaminación antrópica (Johnson, 2015).

2.5. TIPOS DE AGUA POR SU COMPOSICIÓN Y USOS

En la actualidad, cada vez son más los tratamientos químicos que se aplican a las masas de agua para poder consumirlas o destinarlas a algún fin concreto. Veamos en primer lugar, los distintos tipos de agua que existen según su composición y tratamientos químicos aplicados (Johnson, 2015):

- **Aguas Crudas o Brutas.** Estas son aquellas masas de agua que no han sufrido ningún tipo de alteración de su composición química, tales como el agua de los riachuelos y la de los pozos naturales.
- **Agua Dura.** Esta es la que contiene exceso de sales y forma poca espuma con el jabón, contiene iones de calcio y magnesio y es inadecuada para algunos usos domésticos e industriales. La dureza del agua se expresa como mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3).
- **Agua Destilada.** Mediante destilaciones, el agua bruta se purifica, careciendo de sales minerales. Esta es muy usada en laboratorios y en algunos aspectos de la limpieza del hogar.
- **Agua Potable.** Esta es el agua apta para el consumo humano y de animales domésticos. Según la cantidad de sales minerales que contenga, el agua potable puede estar constituida por aguas blandas (con pocos minerales) o aguas duras (gran cantidad de carbonatos). Por normativa se establecen valores máximos y mínimos para el contenido de minerales, cloruros, nitratos, nitritos, calcio, etc., además de los gérmenes patógenos presentes en el agua. También debe controlarse el pH del agua cuyos valores son aceptados entre 6.5 y 8.5.
- **Agua Mineral.** Esta está enriquecida con minerales saludables. Dentro de este grupo se incluye la llamada el agua alcalina, la cual es muy buena para la rehidratación rápida en deportistas.
- **Aguas Residuales Negras.** Estas proceden de los fluidos residuales del alcantarillado de calles y ciudades.
- **Aguas Residuales Grises.** Estas son las de uso doméstico y que pueden reutilizarse, es decir, pueden reciclarse y reutilizarse con otros fines, dentro del uso sostenible y ecológico del agua.

En zonas agrícolas debe cuidarse de ingerir agua de pozo sin análisis previo; deben controlarse los valores de nitratos y nitritos, además de las concentraciones de los compuestos fitosanitarios que muchas veces superan los máximos permitidos. La razón suele ser el uso masivo de abonos minerales o por lixiviado a nivel freático de sustancias tóxicas no aptas para consumo humano. Es necesario tener en cuenta a los contaminantes medioambientales, tales como los derrames de derivados del petróleo o lixiviados de minas a cielo abierto, etc., que contienen sustancias tales como arsénico o cromo, en concentraciones tales que provocan graves enfermedades como el cáncer, entre otras (Johnson, 2015).

3. CALIDAD DEL AGUA

Calidad del agua es un término usado para describir las características químicas, físicas, y biológicas del agua. La calidad del agua depende principalmente del uso que se le va a dar. No es simplemente decir que: "esta agua está buena," o "esta agua está mala"; por ejemplo, el agua apropiada para lavar un automóvil no es la misma que se usa para beber (Johnson, 2015).

La calidad del agua ciertamente es un tema prioritario en la actualidad, en parte por el tremendo crecimiento de la población mundial y la expansión y desarrollo urbano; las áreas rurales también contribuyen a incrementar los problemas de la calidad del agua. El uso de fertilizantes en la agricultura puede resultar en un exceso de nitrógeno y fósforo en el agua superficial y el agua subterránea. Estos excedentes químicos llamados "nutrientes" porque actúan como alimento para las plantas, pueden bajar la calidad del agua que se utilice para beber (Johnson, 2015).

La calidad del agua potable es una cuestión de gran importancia y que preocupa a todos los países, ya que tiene una enorme repercusión en la salud. De ahí la necesidad de evaluar y regular unos parámetros de calidad para un uso en condiciones por el ser humano, sobre todo en un contexto global de crecimiento de las poblaciones y una mayor contaminación (Johnson, 2015).

Para determinarla, se miden y analizan varios parámetros, como, por ejemplo, la temperatura, el contenido mineral disuelto en ella y la cantidad de bacterias que tiene. A partir de esa información, los datos obtenidos se comparan con ciertos estándares para decidir cuál es el uso apropiado para esa agua analizada, es decir, una determinada agua puede ser apta para lavar, pero no para beber. El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución puede deteriorarse antes de llegar al consumidor. En el sistema de distribución, la contaminación del agua puede ocurrir por conexiones cruzadas; tuberías rotas; grifos contra incendio, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos; y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones hechas con pocas medidas de seguridad (Johnson, 2015).

3.1. DUREZA

La dureza se expresa en mg/L de carbonato de calcio. El agua blanda es el agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales. Estas pueden definirse como agua con menos de 50 mg/L de dureza. El agua que genera espuma fácilmente con el jabón se llama agua blanda. Describe el tipo de agua que contiene pocos o ningún mineral, como los iones de calcio (Ca) o magnesio (Mg). Por lo general, el término es relativo al agua dura, que sí que contiene cantidades importantes de estos iones (Rodier y Legube, 2016).

Por lo general, el agua blanda procede de fuentes con turba o rocas ígneas, como el granito, pero también puede proceder de fuentes con arenisca, puesto que, por lo general, estas rocas sedimentarias contienen poco calcio y magnesio (Rodier y Legube, 2016).

Las calderas deben usar agua blanda debido a que la solubilidad de algunas sales como las de sodio y magnesio disminuye con la temperatura, lo que ocasionaría que se fuera acumulando un sedimento en las tuberías de estas y produciría un efecto de bloqueo en los conductos (similar al efecto del colesterol en las arterias), lo que generaría un incremento en la presión de funcionamiento de la caldera, convirtiéndola en una bomba de tiempo (Rodier y Legube, 2016).

Por otro lado, el agua dura puede ser mejor para el corazón que el agua blanda, ya que sus iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) pueden ser un complemento dietético para algunas personas (Rodier y Legube, 2016).

El inconveniente principal del agua dura son los depósitos de carbonato de calcio que provoca en las tuberías se dañen con el tiempo, especialmente en las que llevan agua caliente. Esto se llama "formación de depósitos de cal". Esto puede provocar el bloqueo de las tuberías y reducir la eficiencia de las calderas. Además, el jabón y los detergentes funcionan peor en agua dura. Estos efectos son mayores cuanto mayor es la dureza del agua. Se le utiliza en las centrales termoeléctricas, en la producción de energía nuclear y en muchos procesos industriales (Rodier y Legube, 2016).

4. PRINCIPALES PROBLEMAS DE CALIDAD DEL AGUA

La demanda y la necesidad de más recursos hídricos puede crear problemas en la calidad del agua. La contaminación es la causa principal, dado que produce cambios en la composición física, química o biológica, por la introducción de sustancias o microorganismos no deseados que pueden llegar a convertirse en un riesgo para la salud de las personas a corto o a largo plazo (Adikwu y Ehigiator, 2020).

Las fuentes de contaminación del agua proceden de actividades industriales, ganaderas, agrícolas, urbanas e incluso de fuentes naturales, y pueden deteriorar el agua desde su origen, en las captaciones, en las aguas subterráneas o en otros puntos de la zona de

abastecimiento. Un mal tratamiento no solo produce una reducción de la calidad, sino que también presenta riesgos sanitarios. En la actualidad, cerca de 5 millones de personas en el mundo mueren por beber agua contaminada, una situación que se agudiza especialmente en aquellos contextos de exclusión social, pobreza y marginamiento. Para entender esta situación, quizá debamos remontarnos a las principales causas que han provocado la contaminación del agua (Adikwu y Ehigiator, 2020).

4.1. DESECHOS INDUSTRIALES

La industria es uno de los principales factores que provocan la contaminación del agua. Desafortunadamente, miles de empresas aún desconocen el buen uso que se debe dar a este recurso y vierten cantidades de productos contaminantes derivados de sus procesos industriales. Los ríos y los canales son los más afectados por estas malas prácticas (Adikwu y Ehigiator, 2020).

4.2. DESECHOS HUMANOS

Toda la basura que generamos contamina en diferentes grados el agua. Así mismo, los desechos humanos, el excremento, la urea, y los desechos alimenticios tal como azúcares, almidones, alcoholes, grasas, aceites, sangre, etc. Otros contaminantes son papel, misceláneos, jabones, champús, etc. (Adikwu y Ehigiator, 2020).

Uno de los mayores problemas de contaminación son los plásticos. Recomendaciones que contribuyen a minimizar el impacto de los residuos plásticos en la naturaleza: Eliminar el consumo de plásticos de un solo uso; promover modelos de economía circular; dar una segunda vida útil a aquellos objetos que queramos desechar; transformar nuestros hábitos hacia otros más sostenibles y respetuosos con la naturaleza; y conciencia a tu entorno en la importancia de reducir el consumo de plásticos y cuidar el medio ambiente (Adikwu y Ehigiator, 2020).



Figura 5. Basura en el Agua

4.3. AUMENTO DE LAS TEMPERATURAS

Aunque no lo parezca, el calentamiento global también influye en la contaminación del agua. ¿Cómo es posible? La explicación es sencilla: cuando un ecosistema sufre temperaturas por encima de las habituales, las fuentes de agua disminuyen su cantidad de oxígeno por evaporación, lo cual hace que el agua altere su composición (Adikwu y Ehigiator, 2020).

4.4. USO DE PESTICIDAS EN LA AGRICULTURA

La gran mayoría de los procesos agrícolas de nuestro tiempo emplean fertilizantes y productos químicos para el cultivo y la producción de los alimentos. Estos productos se filtran a través de canales subterráneos que, en la mayoría de los casos, acaban en las redes de agua que utilizamos para nuestro consumo. Esta agua difícilmente será tratada para que vuelva a los canales aptos para el consumo (Santillo et al., 2019).

Los productos químicos causan alteraciones que pueden llegar a alcanzar gran peligrosidad, por ejemplo, los plaguicidas tienen componentes de gran agresividad química cuya función es precisamente eliminar formas nocivas de vida, sin embargo, al ser arrastrados por la lluvia o por las aguas de riego actúan sobre formas de vida a las que no estaban dirigidos; inclusive pueden ser asimilados por los peces a los que causan daño, así como también a los animales que los consumen, incluido el hombre (Adikwu y Ehigiator, 2020).



Figura 6. Contaminación Hídrica por Pesticidas

Los fertilizantes contienen fósforo, nitrógeno y potasio, todos ellos necesarios para el crecimiento sano de las cosechas. Pero al ser arrastrados a esteros y lagunas provocan un crecimiento desmedido de las especies acuáticas, alterando el equilibrio ecológico. El medio acuático, al no poder soportar un excesivo crecimiento, se deteriora, mueren muchas plantas y causan descomposición, y el consumo de oxígeno disuelto genera putrefacción y afectan al ecosistema (Adikwu y Ehigiator, 2020).

4.5. DEFORESTACIÓN

La excesiva tala de árboles contribuye a que los ríos, lagos y otras fuentes hídricas se sequen. Además de esto, la tala de bosques no en todos los casos incluye la retirada de las raíces de los árboles que están en las orillas de los ríos, lo cual provoca la aparición de sedimentos y bacterias bajo el suelo y la consiguiente contaminación de este preciado recurso (Pimm et al., 2016).

4.6. DETERGENTES

Los detergentes son uno de los peores enemigos del agua, pues en su estructura química contienen compuestos que no se degradan fácilmente. Los fosfatos que los forman generan verdaderas montañas de espuma que interfieren seriamente con la vida acuática, arruinan el valor estético de los cuerpos de agua y son un verdadero dolor de cabeza en los sistemas de tratamiento para su purificación (Pimm et al., 2016).

4.7. METALES PESADOS

Otros contaminantes dañinos son los metales pesados, como el mercurio, cadmio, plomo, arsénico, cromo, etc. Estos provocan graves anomalías en la salud. El cadmio, por ejemplo, trae consigo enfermedades cardiovasculares; el mercurio, que por asimilación de los peces se transforma en metilmercurio o mercurio orgánico, provoca la pérdida de control en los movimientos, ceguera y, finalmente, la muerte. El arsénico es cancerígeno en pequeñas cantidades y letal en dosis medias, como lo son también el plomo y el cromo (Pimm et al., 2016).

4.8. DERRAMES DE PETRÓLEO

Finalmente, no podemos olvidar una práctica que tradicionalmente ha provocado la polución de aguas en diversos puntos del planeta: los vertidos de crudo y sus derivados. Dichos vertidos se deben al transporte deficiente del petróleo y a la filtración de productos como la gasolina, que generalmente es almacenada en tanques bajo tierra; en muchos casos, los tanques tienen fugas y la sustancia se filtra a los cuerpos que están a su alrededor, entre ellos las fuentes de agua aptas para el consumo humano (Pimm et al., 2016).



Figura 7. Derrames de Petróleo en el Mar

5. MICROORGANISMOS PATÓGENOS

Hay que destacar también la contaminación por microorganismos patógenos (nocivos) que producen el cólera, la hepatitis, la fiebre tifoidea y la diarrea, que fácilmente pueden ser fatales, sobre todo en los niños. Las amebas también habitan en las aguas contaminadas, al igual que la triquina. La actividad humana depende del agua para su desarrollo, pero es la principal causante de la inhabilitación de este recurso, por ignorancia o negligencia. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, el 80% de las enfermedades se transmiten por medio del agua contaminada (Jeanblanc, 2013).

La diarrea puede ser un síntoma o una enfermedad en sí, que se produce cuando algún agente patógeno se asienta en el intestino. Para eliminar los patógenos, la pared del intestino desprende agua. En definitiva, es un “lavado” por dentro, que pretende arrastrar los organismos patógenos hacia el exterior, pero las heces tienen un alto contenido en agua. Con la diarrea se pierde una gran cantidad de agua, por lo que hay riesgo de deshidratación. En especial si no se dispone de agua limpia, al intentar hidratarnos estaremos aumentando la carga patógena, por lo que se puede entrar en un círculo realmente dañino para la salud. En los casos más graves, la diarrea puede derivar en deshidratación, ir acompañada de fiebre y provocar sangrado. Las enfermedades diarreicas constituían la causa principal de defunción en siete países de América Latina (Jeanblanc, 2013).

5.1. COLIFORMES

Las bacterias coliformes se definen como bacilos gramnegativos que no forman esporas, móviles o inmóviles, que poseen β -galactosidasa para producir ácidos y gases bajo su temperatura óptima de crecimiento de 35-37 °C. Pueden ser aerobios o aerobios opcionales, y son un indicador de uso común de la baja calidad sanitaria de los alimentos, la leche y el agua. Los coliformes se pueden encontrar en el ambiente acuático, en el

suelo y en la vegetación; están universalmente presentes en grandes cantidades en las heces de los animales de sangre caliente, ya que se sabe que habitan en el sistema gastrointestinal (Bennett, 2019).

5.2. ENTEROBACTERIAS

La disentería es una enfermedad grave caracterizada por una inflamación del intestino, que produce una diarrea grave mucosa y sanguinolenta. Otros síntomas son dolor abdominal y vómitos. Puede ser provocada por enterobacterias del género *Shigella* o por una ameba, *Entamoeba histolytica*, y en tal caso también se la conoce como amebiasis hepática, ya que afecta a intestinos e hígado principalmente (Jeanblanc, 2013).

La fiebre tifoidea es una infección causada por la bacteria *Salmonella typhimurium*, que puede llegar a ser mortal y que se propaga por agua o alimentos contaminados. Los síntomas principales incluyen fiebre, dolor de cabeza, náuseas, dolor abdominal y estreñimiento o diarrea. El mayor riesgo, como ocurre con otras enfermedades, se da en poblaciones con altos índices de pobreza, y especialmente en poblaciones vulnerables, como los niños (Jeanblanc, 2013).

5.3. OTRAS BACTERIAS

También tenemos la llamada legionelosis, generada por la bacteria *Legionella pneumoniae*, y que se genera por la inhalación de aerosoles contaminados, producidos con nebulizadores o pulverizadores de agua. Tras el contagio, se da una neumonía agresiva que en casos graves puede llegar a causar la muerte (Jeanblanc, 2013).

5.4. VIRUS

En el agua de mar, la concentración de partículas virales es de 10⁶ a 10⁸ partículas por mililitro. En la superficie y cerca de la costa, las concentraciones de virus que se suelen encontrar son del orden de 10⁷ virus por mililitro (es decir, diez mil virus por milímetro cúbico (una milésima de mililitro); la concentración disminuye con la profundidad y la distancia a la costa. Mayores concentraciones (10⁸ a 10⁹/cm³) se encuentran en sedimentos marinos cerca de la superficie (Zimmer, 2016).

A. COLERA

El cólera es una enfermedad causada por el bacilo *Vibrio cholerae*, que se encuentra en alimentos o aguas contaminadas. Causa una grave diarrea acuosa y puede ser mortal en unas horas si no se recibe tratamiento adecuado. Se calcula que anualmente hay entre 3 y 5 millones de casos de cólera al año en el mundo (Jeanblanc, 2013).

B. DENGUE

El dengue es una enfermedad causada por un virus y transmitida por un mosquito (*Aedes aegypti*), es decir, el dengue no se ocasiona por la ingesta de agua contaminada. Sin embargo, los mosquitos suelen vivir en lugares con aguas y, en especial, en aguas estancadas, dado que parte de su ciclo de vida se desarrolla allí. Por tanto, estar cerca de aguas estancadas y contaminadas y eleva mucho el riesgo de ser contagiado de dengue por el mosquito portador. Los síntomas del dengue incluyen diarrea, fiebre alta y sangrado (Bondeau et al., 2012).



Figura 8. El agua como vehículo de enfermedades

La mejor forma de evitar las enfermedades provocadas por el agua contaminada es disponer de una red de saneamiento apropiada. Es necesario tanto disponer de estaciones potabilizadoras que garanticen el suministro de agua, como de estaciones depuradoras que sean capaces de filtrar y limpiar las aguas residuales, así como redes de canalización apropiadas (Bondeau et al., 2012).

El desarrollo de estas infraestructuras debe estar acompañado de una reeducación de la población en materia de agua. Además, un buen sistema sanitario también puede ayudar a prevenir muchas enfermedades relacionadas con el agua, las cuales se producen con más frecuencia o se agravan cuando ya se padece alguna otra condición física, como por ejemplo malnutrición. Por último y para casos concretos, hay diversos mecanismos portables de potabilización, como por ejemplo pastillas potabilizadoras, que pueden usarse puntualmente en regiones aisladas (por ejemplo, en áreas montañosas y poco pobladas) (Bondeau et al., 2012).

Las aguas contaminadas pueden restaurarse a una condición de reúso: al respecto es necesario identificar cuál ha sido el daño y dar así al agua el tratamiento adecuado para la eliminación de cada una de las características indeseables según el destino que se pretenda dar (Bondeau et al., 2012).

6. NORMATIVIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

La Comisión Nacional del Agua, a través del Comité Técnico de Normalización Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales (COTEMARNAT) tiene a su cargo la elaboración de las Normas Mexicanas en materia de Análisis de Agua para aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas, así como las Normas Mexicanas de productos químicos utilizados en la potabilización del agua para uso y consumo humano y las Normas Mexicanas de Servicios (García et al., 2012).

Lo anterior para fomentar el uso sustentable del agua y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. A continuación, se muestra un resumen con la situación actual de las normas mexicanas y temas en revisión, considerados en el Programa Nacional de Normalización del 2016 y líneas abajo se incluyen las normas mexicanas que se encuentran vigentes. Los instrumentos jurídicos que se mencionan a continuación son solo de referencia, encontrándose para su consulta oficial en el portal de internet del Diario Oficial de la Federación, o en su caso en la versión impresa del mismo (García et al., 2012).

- ✓ 1994. NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
- ✓ 1994. NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- ✓ 2002. NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
- ✓ 2010. NOM-245-SSA1-2010. Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas.
- ✓ 2015. NOM-201-SSA1-2015. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- ✓ 2020. NOM-179-SSA1-2020. Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua.
- ✓ 2020. NOM-244-SSA1-2020. Para evaluar la eficiencia en reducción bacteriana en equipos y sustancias germicidas para tratamiento doméstico de agua. Requisitos sanitarios.

6.1. DEPENDENCIAS QUE TRABAJAN CON EL AGUA POTABLE

CONAGUA financia las concesiones, vigila que el agua sea conforme a las reglas oficiales, y construye y gestiona la construcción de infraestructuras del país. El Instituto Nacional de Ecología y de Cambio Climático genera las informaciones y conocimientos que ayudan a definir los métodos y técnicas de tratamiento de agua. PROFEPA sanciona a quien no respete las leyes de la protección de fuentes naturales del agua; y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua desarrolla la investigación y la tecnología para proteger las fuentes de agua del país (Ortiz et al., 2014).

6.2. VIGILANCIA DEL AGUA

La vigilancia del abastecimiento de agua de consumo es «la evaluación continua y vigilante de la salud pública y el examen de la seguridad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo» (Alcade, 2017).

Esta vigilancia contribuye a la protección de la salud pública al fomentar la mejora de la calidad, la cantidad, la accesibilidad, la cobertura, la asequibilidad y la continuidad de los sistemas de abastecimiento de agua (conocidos como indicadores de servicio) y se realiza como complemento a la función de control de calidad del proveedor de agua de consumo. La vigilancia del abastecimiento de agua de consumo no elimina ni sustituye la responsabilidad del proveedor, que debe asegurarse de que la calidad del agua de consumo sea aceptable y cumpla las metas de protección de la salud predefinidas, así como con otras metas relativas a la eficacia (Alcade, 2017).

Todos los miembros de la población reciben agua de consumo de algún modo, ya sea por medio de sistemas de abastecimiento por tuberías (a través de una conexión doméstica o de un caño público) -el agua puede estar tratada o no, y el sistema puede ser con o sin bombeo-, transportada por camiones cisterna o animales de carga, u obtenida de fuentes de aguas subterráneas (manantiales o pozos) o superficiales (lagos, ríos y arroyos) (Alcade, 2017).

Debido a lo anterior, es importante que el organismo responsable de la vigilancia analice la frecuencia de uso de los diferentes tipos de sistemas de abastecimiento; este análisis es particularmente útil como paso preliminar en la planificación de un programa de vigilancia. La vigilancia únicamente de los sistemas de abastecimiento de agua por tuberías no resultará de mucha utilidad si sólo puede acceder a ellos una pequeña parte de la población o si proporcionan una fracción menor del agua suministrada. La información por sí misma no produce mejoras. En cambio, la gestión eficaz y el uso de la información generada por la vigilancia posibilitan la mejora racional de los sistemas de abastecimiento de agua, entendiéndose por «racional» que los recursos disponibles se utilicen de modo que generen el máximo beneficio para la salud pública. La vigilancia es un componente

importante del desarrollo de estrategias para la mejora progresiva de la calidad de los servicios de abastecimiento de agua de consumo (Alcade, 2017).

6.3. EL AGUA PURIFICADA

Si bien oficialmente 92.0% de la población tiene acceso al servicio público de agua potable, dicho porcentaje disminuye dramáticamente cuando se considera su calidad. La falta de lluvia es central pero no es el único factor que provoca la escasez de agua potable en los hogares del Valle de México. Mala calidad, acceso inequitativo, construcción de infraestructura en áreas de recarga o conservación, y mala gestión son algunos de los otros muchos factores que inciden (Carreño, 2021).

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020 se centra en los desafíos, las oportunidades y las posibles respuestas al cambio climático, en términos de adaptación, mitigación y resistencia mejorada que pueden abordarse mejorando la gestión del agua (Carreño, 2021).

Combinar la adaptación y la mitigación del cambio climático, a través del agua, es una propuesta beneficiosa para todos, que mejora la provisión de servicios de suministro de agua y saneamiento y combate tanto las causas como los impactos del cambio climático, incluida la reducción del riesgo de desastres. Desafíos: el cambio climático, el aumento de la escasez de agua, el crecimiento de la población, los cambios demográficos y la urbanización ya suponen desafíos para los sistemas de abastecimiento de agua. De aquí a 2025, la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. La reutilización de las aguas residuales para recuperar agua, nutrientes o energía se está convirtiendo en una estrategia importante. Los países están utilizando cada vez más las aguas residuales para regar: en los países en desarrollo, esto representa el 7% de las tierras de regadío. Si bien esta práctica plantea riesgos para la salud, la gestión segura de las aguas residuales puede aportar múltiples beneficios como el aumento de la producción de alimentos (Carreño, 2021).

Las fuentes de abastecimiento de agua potable y de riego seguirán evolucionando, con una presencia cada vez mayor de las aguas subterráneas y de fuentes alternativas, como las aguas residuales. El cambio climático conllevará mayores fluctuaciones en la cantidad de agua de lluvia recogida. La gestión de todos los recursos hídricos tendrá que mejorarse para garantizar el abastecimiento y la calidad (Carreño, 2021).

7. PURIFICACIÓN COMERCIAL DEL AGUA POR HUMANOS

Existen diferentes procedimientos creados por el ser humano para purificar el agua contaminada y que pueda tener la calidad de agua potable. En la figura siguiente se muestra el procedimiento más usado para la purificación del vía seres humanos (Carreño, 2021).

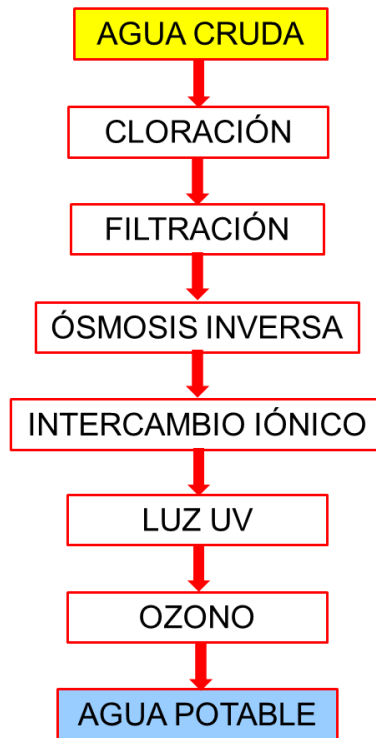


Figura 9. Purificación de Agua vía seres humanos

7.1. TANQUE DE AGUA CRUDA

El tanque de agua cruda contiene el agua que no se ha sometido a tratamientos para modificar sus características físicas, químicas y microbiológicas. Se usa un hidroneumático, que es un equipo que funciona a base de agua y aire, y se compone de un tanque y una bomba; la bomba es la responsable de suministrar el agua a presión dentro del tanque; siempre se debe trabajar con una bomba de alta presión (Margat et al., 2012).

7.2. CLORACIÓN

La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados. Se puede emplear gas cloro, pero normalmente se emplea hipoclorito de sodio (lejía) por su mayor facilidad de almacenamiento y dosificación. En algunos casos se emplean otros compuestos clorados, como dióxido de cloro (ClO_2), hipoclorito de calcio o ácido cloro isocianúrico (Margat et al., 2012).

7.3. FILTRACIÓN

Se denomina filtración al proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión. Filtración es un proceso en el cual partículas sólidas que se encuentran en un fluido se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a su través,

pero retiene las partículas sólidas. activado, arena verde, grava de cuarzo) (Margat et al., 2012).

A. FILTRO DE ARENA

Estos son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, y que requieren una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño (Versini, 2013).

Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. El filtro de carbón aporta la función de bloquear los contaminantes atrapándolos mediante la adsorción proceso en el cual los líquidos y gases son atraídos por otros líquidos o sólidos. El filtro de arena las impurezas se quedan en el arena, hay dos tipos el lento y el rápido (Versini, 2013).

B. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO

El cartucho de carbón activado está hecho para aplicaciones domésticas, restaurantes o industrias que necesiten poco flujo. Este es un cartucho cerrado que puede contener desde 300 g hasta 4 kg de carbón activado, dependiendo del tamaño (Versini, 2013).

Los cartuchos son utilizados para potabilización de agua por lo que normalmente utilizan carbón de cáscara de coco como materia prima. Hay dos tipos principales: el cartucho de carbón activado granular (GAC) y el cartucho de carbón activado extruido o en bloque "Carboblack". En el GAC se llena un cartucho vacío con granos de carbón activado, y se sella por ambos extremos de la carcasa. Los dos extremos del cartucho se colocan respectivamente en una malla o tela filtrante, para evitar que los granos de carbón salgan del cartucho. Acorde a las necesidades del cliente, las tapas de los extremos del cartucho se pueden hacer con diferentes tipos de conectores; la más típica son las conexiones planas para cartuchos estándar, pero hay terminaciones de lanza o de doble empaque para aplicaciones industriales o de laboratorio. La granulometría que se usa en los cartuchos granulares es de malla 20×50 US (Versini, 2013).



Figura 10. Filtro de Carbón Activado

En el cartucho de carbón activado extruido se utiliza carbón en polvo y éste está formado en un bloque con ayuda de un aglutinante de grado alimenticio. Este bloque de carbón compactado se cubre con una capa de tela filtrante, para evitar que el núcleo de carbón suelte polvo o se deforme. El cartucho tiene a sus extremos una tapa de caucho nitrílico para que esté quede bien sellado. La malla filtrante que cubre este cartucho puede hacer las funciones de un filtro de sedimentos, normalmente filtra de 5 o 10 micras; por lo que puede considerarse que hace dos funciones en un solo paso. filtro pulidor (Versini, 2013).

C. FILTRO PULIDOR

Este es un recipiente cerrado a presión que contiene un soporte para el medio filtrante, el cual es un cartucho, ya sea de propileno, algodón, resina melamina o resina fenólica. Este filtro tiene la función de retener las impurezas de hasta 5 micras y se le llama pulidor debido a que tiene similitudes con el filtro de carbón. Su objetivo es mejorar su claridad y su sabor, y se obtiene un agua totalmente cristalina (Versini, 2013).

7.4. ÓSMOSIS INVERSA

La osmosis inversa atrapa las partículas al hacerlas pasar por una serie de mallas o membranas concéntricas de diferentes tamaños. No debe confundirse con el mero filtrado físico. El agua por tratar avanza por una serie de tuberías a elevada presión, y en dicho avance parte de esta escapa a través de dichas membranas (Wahrman, 2016).

Los elementos más pesados quedan atrapados en ellas. El procedimiento parte de la idea de vencer la presión osmótica. Esto es, todo sistema que implica dos líquidos y una membrana semipermeable, desde nuestras venas hasta la savia en el interior de los árboles, tiende a fluir de forma tal que el líquido gana partículas solubles; es decir, se concentra con el paso del tiempo con partículas (Wahrman, 2016).

La ósmosis inversa da la vuelta al proceso añadiendo presión en el extremo de la solución concentrada, eliminando las partículas disueltas. Si este tipo de procesos resultan interesantes es porque el agua sucia puede circular a elevada presión en circuitos cerrados formados por tuberías de membrana. El fluido recorrerá el sistema y, con cada ciclo, el agua pura recorrerá las membranas separándose de las partículas que quedan atrapadas (Wahrman, 2016).

El filtrado de agua por osmosis es uno de los sistemas más populares junto a los filtros de carbón activado. De hecho, es habitual que se empleen de forma complementaria. Los filtros osmosis inversa emplean membranas con microporos que, a modo de colador, impiden el paso de los sólidos disueltos en el agua 'impura' procedente de la toma. El líquido limpio pasa a un nuevo depósito mientras que las impurezas retenidas se eliminan

por el desagüe. Conviene invertir en un equipo de ósmosis inversa de alta calidad para evitar la pérdida de agua durante el proceso (Wahrman, 2016).

7.5. INTERCAMBIO IÓNICO

Este filtro elimina la dureza total. Se trata de un filtro empacado de con un material filtrante polimérico específico para retener dureza total, generalmente se conoce como resina suavizadora o de intercambio iónico (Arup, 2017).

Consiste en el empleo de resinas iónicas en forma de granos esféricos. Dependiendo de las particularidades de cada producto, el filtrado por intercambio iónico puede servir para descalcificar, reducir la salinidad o eliminar los nitratos del agua. Ofrece prestaciones que por sí solos no ofrecen los filtros de carbón activado, por lo que es frecuente la integración de ambos sistemas (Arup, 2017).



Figura 11. Filtro de Intercambio Iónico

El intercambio iónico se realiza mediante un polímero en forma de esferas diminutas que son capaces de intercambiar iones particulares por otros iones en una solución que pasa a través de ellos. A estas esferas de gel sintéticas se les llama “resinas de intercambio iónico”. Esta capacidad de intercambio también se observa en varios sistemas naturales, tales como los suelos y células vivas. Las resinas sintéticas no sólo se utilizan para la purificación del agua, sino también para otras aplicaciones que incluyen la separación de algunos elementos (Arup, 2017).

En la purificación del agua, el objetivo principal es ablandar el agua o eliminar el contenido mineral. El agua se suaviza mediante el uso de una resina que contiene cationes de sodio (Na^+), y los intercambia por calcio Ca^{+2} y magnesio Mg^{+2} (dureza). A medida que el agua pasa a través de la resina aumenta la captación de Ca^{+2} y Mg^{+2} hasta saturar la resina, y en este punto es necesario regenerar la resina, cargándola de nuevo con Na^+ (Arup, 2017).

Ejemplos de Equipos:

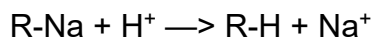
- Des alcalinización (eliminar carbonatos)
- Des cationización (eliminación de todos los cationes)
- Des mineralización (eliminación de todos los iones)
- Lecho mixto (nitratos y desmineralización)
- Eliminación de metales

Los tipos de resina suelen abreviarse como:

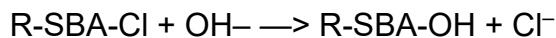
- SAC: resina de intercambio catiónico de ácido fuerte
- WAC: resina de intercambio catiónico de ácido débil
- SBA: resina de intercambio aniónico base fuerte
- AMB: resina de intercambio de aniones base débil

Regeneraciones:

La resina SAC se regenera con un ácido fuerte (HCl o H₂SO₄).



La resina SBA se regenera con un álcali fuerte (NaOH o KOH).



La regeneración se realiza por separado en cada resina, lo que significa que el regenerarte primero pasa a través de la resina fuerte, lo que requiere un exceso de regenerarte, y el regenerarte no consumido por la resina fuerte es generalmente suficiente para regenerar la resina débil sin dosis adicional (Arup, 2017).

Las resinas catiónicas se regeneran con un ácido fuerte, preferiblemente HCl o H₂SO₄, porque pueden precipitar calcio. Las resinas aniónicas se regeneran con sosa cáustica. Las resinas débiles tienen una capacidad de funcionar mejor que las resinas fuertes, por lo que el volumen total de resinas de intercambio de iones se reduce (Arup, 2017).

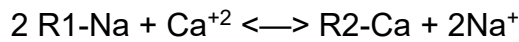
Ejemplos de desmineralización: agua para calderas de alta presión usando combustibles fósiles y las nucleares que alimentan centrales eléctricas y otras industrias. Aquí, el agua de enjuague se utiliza en la producción de chips de computadoras y otros dispositivos electrónicos (Arup, 2017).

El agua natural contiene iones calcio y magnesio que forman sales que no son muy solubles en alcalinidad. Estos cationes, se denominan en conjunto dureza. Cuando el agua se evapora, incluso un poco, estos cationes precipitan. Esto es lo que sucede cuando dejas que el agua se evapore hirviéndola en la estufa de la cocina (Arup, 2017).

- El agua dura también forma sarro en las tuberías de agua y en las calderas, tanto domésticas como industriales. Puede crear turbiedad en la fabricación de

cervezas y refrescos. Las sales de calcio forman depósitos en los vasos de cocina, dejan la piel reseca y el pelo dañado. Las resinas de intercambio catiónica de ácido fuerte, que se utilizan en forma de sodio eliminan estos cationes de la dureza del agua y son llamados suavizadores, y cuando se saturan con dureza, se regeneran con cloruro de sodio (NaCl) (Arup, 2017).

La siguiente reacción representa la resina, que está inicialmente en la forma de sodio. La reacción para el magnesio es idéntica.



La reacción anterior es un equilibrio. Se puede invertir mediante el aumento de la concentración de sodio en el lado derecho; esto se hace con NaCl.

Algunos ejemplos del uso de suavizadores:

- Tratamiento de agua para calderas.
- Uso residencial para tuberías, cuidado del cabello y piel.
- Las cervecerías y fábricas de refrescos tratan el agua para sus productos con resinas de grado alimenticio.

Nota. El ablandamiento del agua no reduce su salinidad; solamente elimina los iones de dureza y los reemplaza con el sodio.

El tanque de salmuera es utilizado en la operación de los suavizadores. En estos tanques se coloca la sal que requiere la resina para recuperar su capacidad de intercambio iónico (Arup, 2017).

7.6. LUZ ULTRAVIOLETA

La desinfección del agua se lleva a cabo mediante pulsos de luz que atacan a las bacterias que puedan estar presentes en el líquido. La desventaja de este sistema es que no sirve para atapar partículas sólidas, por lo que se recomienda su uso combinado con otros tipos de filtros de agua en los que se emplean mallas, membranas o químicos (Halliday et al., 2012).

Este método de purificación destruye más del 99.9% de bacterias, virus y gérmenes patógenos que se encuentran en el agua. Ningún otro medio de desinfección es tan efectivo como los sistemas que usan irradiación de luz UV (Halliday et al., 2012).

Esta no cambia las propiedades del agua ni afecta a quien la usa o bebe. Los sistemas de purificación de agua por luz UV se basan en la circulación de agua a través de un recipiente que contiene una lámpara de irradiación UV especializada, posicionada de tal modo que su eje esté alineado en la misma dirección del flujo de agua. Esto garantiza la mayor exposición del agua a la irradiación UV a medida que pasa alrededor del cuerpo

de la lámpara. La lámpara se encuentra protegida dentro de una funda de material de cuarzo (con alto índice de transparencia), que permite que la irradiación UV pase hacia el agua; pero el agua no entra en contacto directo con la lámpara. Si el recipiente que contiene la funda de cuarzo y la lámpara se construye con material resistente que refleje la luz - como el acero inoxidable pulido - potenciará la acción bactericida de la lámpara de luz ultravioleta (UV) al comportarse como un espejo que amplificará la irradiación dentro de la cámara (Halliday et al., 2012).

Algunos sistemas de luz UV son diseñados de tal forma que el agua reciba mayor irradiación al realizar 6 ciclos o más dentro del recipiente de acero inoxidable que contiene la funda de cuarzo y la lámpara (Halliday et al., 2012).



Figura 12. Luz Ultravioleta

7.7. OZONO

El generador de ozono es una máquina que absorben aire y que es capaz de a partir de un tratamiento interno, mediante una tecnología de placas de cerámica o tubo de cuarzo, producir ozono (Halliday et al., 2012).

7.8. ENVASADO

Este implica el uso de envases y el proceso de llenado. Los niveles de plaguicidas o moléculas de degradación en el aire varían principalmente según la tasa de aplicación y la volatilidad (constante de Henry) del producto envasado. Por tanto, un envasado de buena calidad es recomendable para que no se rompa el filtro con el tiempo (Hubert, 2014).

A. ENVASES

Los envases han desempeñado papeles diferentes e importantes a través de la historia. Con la evolución de la sociedad los envases han cambiado también, reflejando nuevos requisitos y características sobre estos (Kuert, 2012).

Hoy en día los envases son los encargados de meterse en la mente de la gente, de manera tal que atraiga al consumidor con colores llamativos y formas que logren curiosidad a los fines de lograr vender producto. Los envases son lavados con detergente y posteriormente sanitizados con cloro. Un envase es un producto que puede estar fabricado en una gran cantidad de materiales y que sirve para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías en cualquier fase de su proceso productivo, de distribución o de venta (Kuert, 2012).

B. LLENADO

El centro de llenado básico lleva un proceso que generalmente se utiliza cuando la forma de abastecimiento de agua es de pipa, la cual ya cuenta con algún tratamiento previo, o bien, cuando disponemos de una buena calidad de agua, es decir, con pocas sales minerales, nosotros le asesoramos para determinar el proceso adecuado (Kuert, 2012).

8. FILTRO ZEOLITA-SILICATO-CARBÓN CON PLATA

El chorro de agua atraviesa un conducto recubierto con materiales cerámicos porosos que eliminan microorganismos y partículas en suspensión sin necesidad de recurrir a elementos químicos. No son tan efectivos como los filtros de ósmosis inversa o los de carbón, pero es un método de filtrado tradicional que ha demostrado ser muy duradero (Ignasse, 2014).

Para mejorar los filtros de cerámica se puede pintar con partículas de plata, plata coloidal. La plata coloidal actúa como desinfectante y ayuda a eliminar patógenos, ya que evita el crecimiento de microorganismos, así como mejora la inactivación de estos dentro del mismo filtro, ya que destruye sus paredes celulares por lo que mueren (Ignasse, 2014).

El funcionamiento de estos filtros es bastante sencillo. El agua se vierte en el recipiente superior y fluye a través de la pieza de cerámica, para luego recogerla en el recipiente inferior que sirve como tanque de almacenamiento. Un grifo permite a los usuarios extraer el agua para el consumo, al tiempo que evita que vuelva a contaminarse por contacto con las manos u otros objetos que podrían contener bacterias. La turbidez, los materiales en suspensión y los patógenos se eliminan del agua mediante procesos físicos como el atrapamiento mecánico y la adsorción en los microporos de la cerámica (Ignasse, 2014).

Ventajas:

- 👍 Tecnología simple, económica, y de fácil uso y mantenimiento.
- 👍 Remueve patógenos, turbidez y sólidos suspendidos.
- 👍 Medianamente efectiva en la eliminación de virus y hierro.
- 👍 Mejora el gusto, olor y color del agua.
- 👍 Se puede fabricar con materiales de zonas locales, lo que puede generar una oportunidad para la pequeña empresa.
- 👍 Mantiene el agua limpia y segura de contaminantes y a una temperatura adecuada para su consumo.
- 👍 Es resistente, duradera y fácil de transportar, excepto cuando se usan recipientes o contenedores de barro/arcilla.

Desventajas:

- 👎 No se eliminan todos los patógenos
- 👎 No elimina contaminantes químicos (por ejemplo, arsénico, fluoruro) y color
- 👎 Las aguas con alto contenido de hierro y muy turbias obstruyen los poros de los filtros cerámicos, por lo que se requiere de una limpieza más regular
- 👎 Bajo caudal
- 👎 Dificultad de transporte de los contenedores de arcilla por su fragilidad y gran peso
- 👎 No es fácil garantizar un Control de Calidad cuando se trata de producción local.
- 👎 Pequeñas fisuras o grietas pueden llevar a una baja eliminación microbiana
- 👎 Puede haber riesgo de re-contaminación.

8.1. ZEOLITAS

Las zeolitas son minerales porosos de origen volcánico, constituidos de un andamiaje de tetraedros de silicio y aluminio, dispuestos ordenadamente y unidos por átomos de oxígeno, que son el esqueleto de su estructura cristalina. Las zeolitas son aluminosilicatos de metales alcalinos o alcalino-terrosos predominantemente de sodio y calcio. Las zeolitas naturales presentan características relevantes, tales como una estructura micro porosa que le confiere propiedades adsorbentes y una gran capacidad de intercambio catiónico, debido a un desequilibrio de cargas que es función de la relación Si y Al (Land et al., 2021)

Las zeolitas naturales se emplean en la remoción de metales pesados en efluentes minero-metalúrgicos, así como en el tratamiento del drenaje ácido de mina y roca, adsorción de vapores de mercurio en hornos de copela en quemadores de amalgamas, y también en el tratamiento de suelos contaminados por radiación y de licores radioactivos

provenientes de centrales nucleares. Tal opción contable puede tener un impacto en la medición de las emisiones de un sitio industrial (Land et al., 2021).

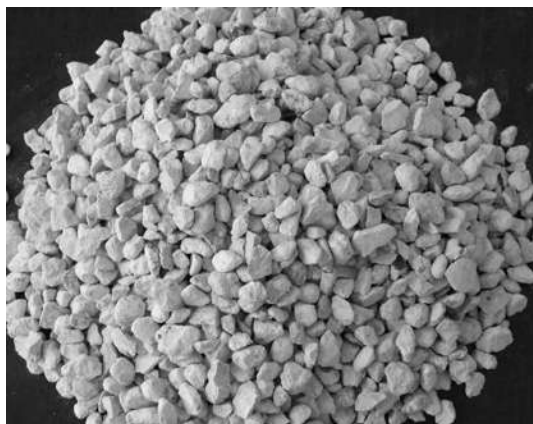


Figura 13. Zeolitas

Las zeolitas naturales son formadas a partir de la precipitación de fluidos contenidos en los poros, tal como en las ocurrencias hidro-termales, o por la alteración de vidrios volcánicos. Las condiciones de presión, temperatura, actividad de las especies iónicas y la presión parcial del agua son factores determinantes en la formación de las diferentes especies de zeolitas (Chabanel et al., 2013)

Existen cerca de 40 especies de zeolitas naturales conocidas, sin embargo, tan solo algunas especies son ampliamente utilizadas, tales como mordenita, clinoptilolita, heulandita, phillipsita, eroinita y chabazita. La mayoría de las ocurrencias de zeolita puede ser encontrada en uno de los seis ambientes geológicos: salino o lagos alcalinos, suelos alcalinos, diagenético, sistema abierto, hidrotermal y sedimentos marinos. Las zeolitas son estructuradas en redes cristalinas tridimensionales, y compuestas de tetraedros del tipo TO_4 ($T = Si, Al, B, Ge, Fe, P, Co \dots$), y unidos en los vértices por un átomo de oxígeno. Se usa la siguiente simbología: A) Tetraedro con un átomo de Si (círculo lleno) en el centro y átomos de oxígeno en los vértices; B) Tetraedro con átomo de Al sustituyendo el Si y unido a un catión monovalente para compensar la diferencia de carga entre el Si y el Al; y C) Átomo Palente para balancear las cargas entre el Al y el Si en una cadena múltiple de tetraedros (Chabanel et al., 2013)

La zeolita natural permite la filtración agua potable en filtros de lecho profundo sin necesidad de combinarlo con otro medio filtrante, ya que cubre las especificaciones de darle profundidad a la cama de filtrado, y de retener partículas entre 5 y 10 micras. Se dice que un compuesto químico es orgánico cuando su molécula tiene al menos un átomo de carbono unido a un átomo de hidrógeno (Chabanel et al., 2013).

Algunas propiedades son:

- Absorbente natural por su alto grado de hidratación.

- Excelente estabilidad en su estructura cristalina al deshidratarse.
- Su densidad es baja y conserva un gran volumen de vacíos al deshidratarse.
- Captador de alta capacidad, retiene partículas de hasta 5 micras.
- Gran capacidad de absorción de gases y vapores.
- Posee propiedades catalíticas y capacidad de intercambio de iones.
- Las mediciones se pueden realizar utilizando las mismas metodologías.

En los espacios abiertos de ésta, cuyo diámetro de poro va desde 3 a 10 angstroms, se introducen las moléculas de agua sin participar en la cohesión de la red. Al deshidratarse la estructura forma redes tridimensionales abiertas y sus compuestos se ordenan en canales de tamaño de orden molecular, presentando un exceso de carga negativa como consecuencia de la sustitución isomórfica de Si^{+4} por Al^{+3} , con lo que desarrolla su capacidad de absorción de gases y vapores, y permite el intercambio iónico. En este fenómeno, también conocido como intercambio catiónico, los iones son desplazados por otros de amoníaco o de metales pesados. La principal propiedad de los disolventes, que los convierte en compuestos muy buscados, es su no reactividad (Chabanel et al., 2013).

La zeolita reduce un poco la acidez del agua. Se requiere una menor cantidad de producto respecto a la arena silica por la porosidad y densidad. Posee una mayor superficie y porosidad. Produce una mayor claridad en el agua filtrada, así mismo, es el medio filtrante más durable (más de 5 años); y solo requiere de un simple retro lavado periódico para mantener su eficiencia y su desempeño. Tiene una capacidad de flujo 4 veces superior a la de los medios filtrantes convencionales. Incrementa el flujo en equipos con multimedia y sistemas de gravedad y presión comparado con los filtros de arena. Se requieren muy pocos ciclos de retro lavado del filtro de zeolita, logrando un importante ahorro en energía. Tiene una mayor capacidad de retención debido a que posee una mayor área superficial (Chabanel et al., 2013).

Estos filtros se en filtros de lecho profundo, filtros para sedimentos, filtración industrial, tratamiento terciario de agua residuales, filtro de agua para purificadoras de agua, hoteles, hospitales, restaurantes, etc. (Chabanel et al., 2013).

8.2. SILICATOS

Estos desempeñan un papel muy destacado al presentar importantes propiedades detersivas; entre ellas, la capacidad para precipitar/acomplejar el calcio y otros cationes, su alcalinidad y efecto tampón de pH y la posibilidad de neutralizar y saponificar grasas y aceites (Chabanel et al., 2013).

8.3. CARBÓN ACTIVADO

Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”. Estos se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Hay que recordar que, en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro. Los átomos que no están en la superficie distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones; pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón (Chabanel et al., 2013).

8.4. PLATA

La plata iónica destruye las bacterias, hongos, virus y protozoos, aunque es menos activa frente a esporas. Además, los estudios revelan que es muy poco probable que los microorganismos desarrollen algún tipo de resistencia al tratamiento (Chabanel et al., 2013).

9. TRATAMIENTO INDUSTRIAL DE AGUAS PARA HUMANOS

El agua potable es un bien vital escaso. Se estima que tan solo el 0.4 % del agua del planeta es apta para el consumo humano. Por eso, es fundamental invertir en la potabilización del agua, para asegurar que todo el mundo tenga acceso a este recurso vital. La potabilización del agua es el proceso por el cual se trata el agua para que pueda ser consumida por el ser humano sin que presente un riesgo para su salud. Se refiere tanto para beber como para preparar alimentos. La potabilización consiste principalmente en eliminar sustancias que resultan tóxicas para las personas, como el cromo, el plomo o el zinc (Tylkowski y Bartosz, 2017).

La Organización Mundial de la Salud dirige y coordina la salud internacional dentro del sistema de las Naciones Unidas. En colaboración con sus 194 estados miembros, la misión de la OMS es promover la salud, preservar la seguridad mundial, y servir a las poblaciones vulnerables (Land et al., 2021).

En el tratamiento del agua para consumo humano se emplean diferentes procesos; la complejidad de estos dependerá de las características del agua cruda (Tylkowski y Bartosz, 2017).

A continuación, describiremos los principales:

- **Cribado.** En este proceso se eliminan los sólidos de mayor tamaño que se encuentran en el agua, tales como ramas, madera, piedras, plásticos, etc., por medio de rejillas, en las que estos materiales quedan retenidos (Saint, 2020).

- **Coagulación.** Esta consiste en la adición de coagulantes con el fin de desestabilizar las partículas coloidales, y que puedan ser removidas. Esto ocurre en fracciones de segundo, y depende de la concentración del coagulante y del pH final de la mezcla (Tylkowski y Bartosz, 2017).
- **Floculación.** Este es el proceso por el cual las partículas desestabilizadas chocan entre sí y se aglomeran (Tylkowski y Bartosz, 2017).

En estos procesos, aparte de la remoción de turbiedad y color, también se eliminan bacterias, virus, y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, algas y sustancias que producen sabor y olor en algunos casos. El proceso de coagulación-floculación requiere ser controlado con mucho cuidado por ser una de las fases más importantes del tratamiento, ya que de este dependerá la eficiencia de los sedimentadores y filtros. En las plantas de tratamiento, la coagulación se lleva a cabo en la unidad denominada mezcla rápida y la floculación se realiza en floculadores (Tylkowski y Bartosz, 2017).

- **Potabilización.** El agua se potabiliza en la Estación de Tratamiento de Agua Potable, ETAP. Comúnmente se suele referir a estas instalaciones como plantas potabilizadoras. El proceso de potabilización del agua varía en función de las condiciones naturales del territorio. Por ejemplo, si la fuente del agua es superficial (agua de un río o lago), el tratamiento de potabilización suele consistir en un proceso de separación de ciertos componentes del agua natural, seguido de la precipitación de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono. Si la fuente de agua tiene presencia de sales y/o metales pesados, los procesos de eliminación de este tipo de impurezas son más complicados y costosos. En zonas con escasez de recursos hídricos y costeras se puede obtener agua potable por desalinización, que se suele llevar a cabo por ósmosis inversa o destilación (Saint, 2020).



Figura 14. Planta Potabilizadora de Agua

9.1. AGUA PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

El agua es utilizada en la industria alimentaria para infinidad de usos; desde la preparación de alimentos, procesos de limpieza de instalaciones y superficies, así como para la fabricación de hielo y para lavar y desinfectar frutas y verduras e incluso para cortarlas. Por todo esto, es de vital importancia para la inocuidad de los alimentos, garantizar el cumplimiento de la calidad tanto del agua como del sistema de abastecimiento (Saint, 2020).

El objetivo principal de un Plan de Control de Agua en la industria alimentaria es certificar la seguridad de que el agua utilizada en los procesos tanto de fabricación, tratamiento, limpieza o utilización de materiales y herramientas que puedan estar en contacto con los alimentos, sea adecuada y libre de cualquier tipo de agente contaminante, ya sea químico o infeccioso, y que no cause efectos nocivos en la salud (Saint, 2020).

Las industrias alimentarias deben tener instalaciones apropiadas para el almacenamiento del agua y su distribución. Garantizar la inocuidad en el abastecimiento de agua, se basa en llevar a cabo controles desde el origen del agua hasta su utilización, evitando su contaminación o detectar a tiempo niveles perjudiciales para la salud (Margetic, 2014).

Estos controles se realizarán en la protección de los recursos hídricos, tratamientos adecuados en la potabilización, gestión de sistemas de distribución, y almacenamiento para mantener la calidad del agua tratada (tuberías, cisternas, etc.). El mantenimiento, limpieza y desinfección del sistema de abastecimiento, es muy importante cuando se utiliza agua de pozos o de empresas externas con depósitos de almacenamiento. Si estas empresas externas no disponen de depósitos intermediarios, las comprobaciones se limitarán a situaciones inusuales de la red de distribución, por ejemplo, una rotura de tubería, que conlleve a algún problema con la calidad del agua (Margetic, 2014).

La industria alimentaria debe realizar controles para vigilar la calidad del agua. Estos pueden ser organolépticos, que son los que comprueban olor, sabor, color y turbidez y del cloro residual. También se deben medir otros parámetros, dependiendo si la industria alimentaria se abastece de la red pública o de fuentes propias. Parámetros microbiológicos, radioactividad, pH, turbidez, cobre, amonio, hierro y plomo, serán analizados y aportados por la empresa suministradora o encargados a un laboratorio si el suministro es propio. Si el agua es utilizada como ingrediente en la elaboración de los alimentos, debe considerarse como una materia prima más, por lo que hay que establecer unas especificaciones de calidad e inocuidad que deben ser cumplidas por la industria alimentaria (Margetic, 2014).

9.2. AGUA PARA CULTIVOS HIDROPÓNICOS

La hidroponía o agricultura hidropónica es un método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces reciben una solución

nutritiva y equilibrada disuelta en agua con los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, que pueden crecer en una solución acuosa únicamente, o bien en un medio inerte, como arena lavada, grava o perlita, entre muchas otras (Margetic, 2014).

El cultivo sin suelo es justamente un conjunto de técnicas recomendables cuando no hay suelos con aptitudes agrícolas disponibles. El esquema consiste en: una fuente de agua que impulsa por bombeo agua a través del sistema, recipientes con soluciones madre —nutrientes concentrados—, cabezales de riego y canales construidos donde están los sustratos, las plantas, los conductos para aplicación del fertirriego y el receptor del efluente (Callister, 2013).

El cansancio de los suelos por alta carga de patógenos tras cultivos repetidos o la acumulación de iones que conllevan alcalinidad o elevación del tenor de sodio ha empujado a muchos productores a realizar cultivos hidropónicos o sin suelo. En cultivos comerciales —en cuanto a su superficie— se hace obligatorio seguir normas ambientales amigables con el ambiente y emplear métodos de recirculación de las soluciones volviéndolas al cultivo tras equilibrarlas y desinfectarlas o buscándoles un lugar de descarga que evite la llegada de los nutrientes efluentes al suelo, cursos de agua y a los mantos acuíferos (Callister, 2013).

II. JUSTIFICACIÓN

La cantidad de agua disponible dulce consumible es muy poca en comparación con la cantidad de agua salada y agua congelada en los glaciares. Esta situación y otras más que se combinan como la sobrepoblación, pobreza, fenómenos climatológicos, la urbanización descontrolada, el desarrollo industrial y la deforestación, afectan directamente la disponibilidad del recurso hídrico para millones de personas.

Personas, incluyendo niños, que carecen de acceso a este elemento vital mueren diariamente por las llamadas enfermedades hídricas. Evidentemente hay un desequilibrio en cuanto a accesibilidad de agua potable para los pobladores del mundo.

En esta tesis se aborda la síntesis y caracterización de un filtro con zeolita-silicato-carbón activado dopado con plata para purificación del agua. Además de un estudio de calidad de agua en la región de Bocaneó Zinapécuaro, Michoacán, para poder brindar una ayuda a la vivienda en caso de que su calidad de agua no cumpliera con los parámetros permisibles de agua potable.

El beneficio principal de la zeolita es la detoxificación del cuerpo de metales pesados y toxinas, lo que permite obtener beneficios complementarios, tales como el refuerzo al sistema inmunológico, disminuye la cantidad de radicales libres, y remineraliza el cuerpo.

III. HIPÓTESIS

La elaboración de un filtro a base de una pasta de zeolitas con carbono activado dopado con plata podría mejorar la calidad del agua tipo potable que beben en la comunidad del Madroño de Boconeó, Michoacán, México.

IV. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollo de un filtro para obtener agua potable a base de una pasta de zeolitas y carbón activado con plata, y realizar pruebas en campo para evaluar su efectividad.

2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Desarrollo de una pasta de zeolita como parte integral de un filtro de agua potable.
- Elaboración de un filtro para obtener agua tipo potable a base de una pasta zeolitas y carbón activado dopado con plata.
- Implementar el uso del nuevo filtro en la comunidad del Madroño de Boconeó, Michoacán, México, y validar su funcionamiento con análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en CONAGUA, Morelia, Michoacán.
- Desarrollo de un sistema de irrigación tipo hidroponía en la localidad de Boconeó

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ELABORACIÓN DEL FILTRO DE ZEOLITA TIPO CASERO

Se elaboró un filtro casero de zeolita con varios componentes usando como sustrato una botella de plástico de polietileno tereftalato de la marca Suavitel® aromatizante.

1.1. MATERIALES

- plástico Polietileno Tereftalato
- zeolita en polvo
- Algodón
- Carbón activado
- Arena Silica
- Piedras shungita
- Pasta de Zeolitas
- Bicarbonato de plata
- Piedras normales crudas.



Figura 15. Materias Primas Filtro de Zeolitas

1.2. PROCEDIMIENTO

Para fabricar el filtro casero se cortó un recipiente de plástico transparente por la parte superior, para posteriormente agregar los diferentes ingredientes. La botella se invirtió, de manera tal que la parte angosta queda en la parte inferior, y se fueron agregando los componentes.

Los pasos para su elaboración fueron:

1. Algodón. 3-6 cm
2. Pasta de Zeolitas 10 cm
3. Piedras crudas 5 y 4 cm
4. Piedra shungita 4 cm

5. Arena silica. 1.5 kilogramos
6. Arena de mar. 1 kilogramo
7. Carbón activado con plata en polvo. 2 kilogramos.
8. 5 algodones de 5 cm

1.3. PASTA DE ZEOLITAS

Se uso 60 gramos de zeolita en polvo, 12 g de carbono activado con bicarbonato de plata, y 19 mL de agua, y con un calentamiento de 60°C por 24 horas.

2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Los análisis fisicoquímicos se efectuaron para comprobar la efectividad del filtro, se evaluó el agua procedente de la localidad antes de filtrada y después el agua filtrada, que por ende se notó la diferencia de un agua subterránea y un agua filtrada en base a propiedades purificadas. Los análisis se hicieron en los laboratorios de Conagua, los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se otorgaron a la dirección general de CONAGUA, Director José Luis Luege. En mención de un trabajo. La Dra. Viridiana Martínez Ruiz encargada del depto. de calidad de agua los emitió a la dirección de CONAGUA.

2.1. pH

El pH aceptable para agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía (Jiménez, 2001). Según Galvín (2003), para las aguas de consumo humano, los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración (Pérez, 2016). NMX-AMINOÁCIDO-008. SFCI-2016.

2.2. COLOR

La potabilidad del agua, entre otros, se establece cuando ésta es incolora. En determinadas ocasiones, el agua que presenta cierto color o sale turbia es debido a la presencia de ciertas sustancias en ella que hacen disminuir su calidad. El olor: el agua que es considerada como potable debe ser inolora (Zaragoza, 2022). NMX-COLOR-045. SFCI-2001.

2.3. TURBIEDAD

La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. Un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiana y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia

dispersa en el agua. Y, consecuentemente, indica también una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua (Baños, 2018). NMX-TURBIEDAD-038. SFCI-2001.

2.4. ALCALINIDAD TOTAL

El agua pura es neutra (pH=7). En las soluciones en la que la concentración de hidrógeno disminuye por debajo del valor neutro, el valor del pH se eleva hacia 14 (alcalino). La determinación cuantitativa de la alcalinidad del agua se logra fácilmente por titulación con una solución de ácido sulfúrico de normalidad conocida y utilizando fenolftaleína y verde de bromocresol como indicadores (Heinke, 2012). NMX-ALCALINIDAD-036. SFCI-2001.

2.5. DUREZA TOTAL

La determinación de dureza total se realizó por complexometría empleando ácido etil-diaminotetraacético, EDTA. La dureza total es la suma de las concentraciones de calcio y magnesio, y ambos se expresan como carbonato de calcio en miligramos por litro. La diferencia entre la profundidad de penetración antes y después de la aplicación de la carga principal se utiliza para calcular el número de dureza Rockwell (Rethwisch, 2013). NMX-DUREZA-072. SFCI-2001.

A. DUREZA POR CALCIO.

Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable No. 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 100 ppm. La concentración de dureza total de calcio es aceptable hasta los 180 ppm, como límite máximo establecido por la OMS (Rethwisch, 2013). NMX-DUREZA-072. SFCI-2001.

B. DUREZA POR MAGNESIO

El magnesio tiene el punto de fusión más bajo (923 K (1202°F)) de todos los metales alcalinotérreos. El magnesio está presente en el agua de mar en concentraciones de 1300 ppm. Después del sodio, el magnesio es el catión que se encuentra en mayores proporciones en el océano. Los ríos contienen aproximadamente 4 ppm de magnesio, las algas marinas contienen 6.000-20.000 ppm, y las ostras alrededor de 1.200 ppm (Rethwisch, 2013). Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, la concentración de magnesio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 30 ppm y un máximo permisible de 50 ppm (Zamora, 2012).

2.6. SULFATOS

El nivel máximo de sulfato sugerido por la organización Mundial de la Salud (OMS) en las Directrices para la Calidad del Agua Potable, establecidas en Génova, 1993, es de 500 mg/l (Marina, 2015). NMX-SULFATOS-073. SFCI-2014.

2.7. CLORUROS

Según lo indicado en la normativa NCh 409, la concentración residual de cloro libre en el agua potable debe encontrarse en los siguientes rangos, un mínimo del 0,2 mg/l y como máximo 2,0 mg/l, en cualquier punto de la red de agua, donde se quiera medir (Huechuraba, 2021). NMX-CLORUROS-072. SFCI-2001

2.8. COLIFORMES

Para considerar que el agua es potable, desde el punto de vista bacteriológico, deberá dar como resultado menos de 200 colonias de bacterias mesofílicas aerobias por mL de muestra, un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 mL de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 mL de muestra (Mora, 2012). NMX-COLIFORMES-102. SFCI-2006.

2.9. NITRÓGENOS

El nitrógeno en exceso puede causar crecimiento excesivo de plantas acuáticas y algas, las cuales pueden tapar las entradas de agua, usar el oxígeno disuelto a medida que se van pudriendo y bloquear la luz que llega hasta las aguas profundas (Camacho et al., 2020). NMX-NITRATOS-026. SFCI-2010.

A. NITRATOS

La agencia EPA ha establecido un nivel de concentración MCL de 10 ppm de nitratos (NO₃-N) para el agua potable (Camacho et al., 2020). NMX-NITRATOS-079. SFCI-2001.

2.10. SÓLIDOS DISUELTOS

El principio de este método se basa en la medición cuantitativa de los sólidos y sólidos disueltos, así como la cantidad de materia orgánica contenidos en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, mediante la evaporación y calcinación de la muestra filtrada o no, en su caso, a temperaturas específicas, en donde los residuos son pesados y sirven de base para el cálculo del contenido de estos (Marina, 2015). NMX-AA-074-SCFI-2014.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se usaron varios componentes en capas dentro de una botella de plástico para elaborar un filtro de zeolitas como una alternativa para la purificación del agua. En cuanto al mantenimiento de filtro, cada 6 meses aproximadamente, es conveniente desarmar el filtro para limpiar nuevamente la arena, las piedras, la grava, y sustituir el carbón activado debido a que este pierde sus propiedades filtrantes. A continuación, se presenta una imagen del filtro ya terminado y con todos sus componentes.



Figura 16. Filtro de Agua de Zeolitas

1. ELABORACIÓN DE LA PASTA DE ZEOLITAS

La pasta de zeolitas se elaboró de la siguiente:

1. Mezclar componentes.
2. Calentar la mezcla.
3. Enfriar la mezcla.
4. Validar la insolubilidad y firmeza del componente en agua



Figura 17. Mezcla de Ingredientes Pasta de Zeolitas

1.1. MEZCLAR COMPONENTES

La zeolita se sintetizó con los componentes siguientes: 60 g de zeolita y 70 g de silicato de potasio, que funciona como secuestrador de hierro y manganeso. Se calentó la mezcla a 50°C durante 24 horas, y después se enfrió la mezcla a 10°C durante 24 horas el enfriamiento por medio de un ciclo termodinámico de desorción-adsorción que dura 24 horas. Utiliza como refrigerante metanol.

A. VALIDAR LA FIRMEZA DEL COMPONENTE EN AGUA

Se batieron los componentes, ya que aporta un porcentaje de mayor plasticidad y retención del agua. Otro componente que se añadió fue el carbón activado de plata que infunde en la retención de contaminantes orgánicos y la eliminación, por reacción química, del cloro libre residual que permanece en el agua después de la etapa de desinfección.



Figura 18. Batido de los Componentes

Finalmente, la mezcla sin grumos se calentó en un horno a 50°C durante 24 horas.



Figura 19. Calentamiento en Horno de la Mezcla

Ya obtenida la zeolita, se analizó su estructura y su resistencia al agua para que no hubiera inconvenientes al introducirla en el filtro como pudiera ser que se rompiera.



Figura 20. Zeolita Horneada

La Zeolita funciona en el tratamiento y filtración de agua en ablandar el agua, absorbiendo el calcio y magnesio, eliminar el cloro del grifo, y eliminar el hierro de las aguas subterráneas.

2. INGREDIENTES DEL FILTRO COMPLETO

2.1. ALGODÓN

Se usó una dimensión de 4 cm. El algodón retiene elementos sólidos; la grava gruesa captura partículas en los poros y la grava fina hace lo mismo con otras más pequeñas; el carbón atrapa impurezas del agua, como metales pesados, solventes, pesticidas, etc. (Sauer, 2017).

2.2. PASTA DE ZEOLITAS

la zeolita forma enlaces fuertes con amoníaco y metales pesados que son difíciles de romper. Esto evita la lixiviación de contaminantes en el medio ambiente. Las zeolitas adsorben una serie de sustancias orgánicas. El mineral tiene la mayor afinidad por los componentes orgánicos polares, por ejemplo, hidrocarburos clorados. Dependiendo del diámetro de las moléculas, estas se adsorben en el micro o mesoporos. La capacidad de la adsorción depende en gran medida de las circunstancias en las que se realiza la adsorción (Grigoriou, 2021).

2.3. PIEDRAS SHUNGITA

Las piedras shungita se usan para filtrar el agua de manera natural. Gracias a su alto contenido en carbono, no solo purifican el agua, sino que también la mineralizan 5 Piedras Shungita Cada piedra mide de 1 a 3 cm (0,4 a 1,2 pulgadas), PESO TOTAL 50 g. Se sumergió la Shungit en agua hirviendo durante 10 minutos para esterilizarla y luego enjuagar la bien y se colocó en un recipiente. La Shungit purifica el agua de la manera natural y aporta propiedades antiinflamatorias, antialérgicas, antioxidantes, y absorbentes de sustancias nocivas del ambiente.

2.4. CARBÓN ACTIVADO

Carbón activado elimina contaminantes como materiales orgánicos; además, como también puede eliminar los contaminantes que causan olores, a menudo se utiliza para hacer que el agua potable sea más agradable. Los átomos que no están en la superficie distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones; pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas. Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón (Chabanel et al., 2013).

2.5. PIEDRAS

Se usaron 3 tamaños de piedras y con diferentes tamaños de cama; grandes con un tamaño de cama de 12 cm; medianas con un tamaño de cama de 25 cm; pequeñas con un tamaño de cama de 12 cm. Las piedras provienen de una profundidad entre 300 y 600 m por debajo del nivel del mar, por consiguiente, están libres de contaminación. Por otro lado, liberan suficiente oxígeno en el agua y son las encargadas de ajustar su pH. Estas piedras deben ser cambiadas cada 5 años para garantizar su correcto funcionamiento. Estas piedras deben cambiarse cada 9 meses o 2000 litros para garantizar su correcto funcionamiento.



Figura 21. Piedras de Color

2.6. ARENA SILICA

La arena silica es un compuesto resultante de la combinación del sílice con oxígeno. Su composición química está formada por un átomo de sílice y dos átomos de Oxígeno, formando una molécula muy estable: SiO_2 . Esta molécula es insoluble en agua y en la naturaleza se encuentra en forma de cuarzo. Si el cuarzo está cristalizado se denomina cristal de roca. Pertenece a la clase de los silicatos y al sistema cristalino trigonal. Este mineral es muy rico en variedades, los que se pueden agrupar en macro cristalinas, con cristales bien visibles a simple vista, y Criptocristalinas, formada por cristales microscópicos (Duranthon et al., 2015).

La arena silica posee importantes propiedades físicas y químicas, destacándose especialmente su dureza, resistencia química, alto punto de fusión, piezoelectricidad, piroelectricidad y transparencia (Duranthon et al., 2015).



Figura 22. Arena de Silica

2.7. ARENA DE MAR

La biodiversidad de vida establecida en el sustrato arenoso de las playas se organiza según un gradiente, en particular para la meiofauna y los moluscos. Los organismos que viven en la arena del fondo de las playas participan en la depuración del sustrato arenoso.

También son una importante fuente de alimento para las larvas y alevines de ciertos peces. Este es particularmente el caso de los peces planos (en sus "criaderos") y, directa o indirectamente, del resto de la comunidad béntica (Duranton et al., 2015).

2.8. CARBÓN ACTIVADO CON PLATA

Agentes bactericidas para la potabilización de agua son los iones de plata. Estos se dosifican por electrólisis, en el que una corriente eléctrica provoca la oxidación del metal, el cual se desprende hacia el agua en su estado iónico (Ag^+), el carbón impregnado con plata es bacteriostático, pero no es bactericida. Es decir, cumple la función de inhibir el desarrollo bacteriano en su superficie, pero no garantiza la aniquilación de microorganismos en caso de que éstos sean acarreados por el agua en concentraciones relativamente altas (Sauer, 2017).

3. EVALUACIÓN DEL FILTRO DE ZEOLITAS

Se recogió una muestra de agua de la zona de Zinapécuaro, Michoacán, municipio de Madroño, para estimar si cumple con los parámetros de calidad potable de agua. La región de Zinapécuaro cuenta con un tanque de almacenamiento, y que es una estructura con dos funciones: almacenar cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de la población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución, dando así un servicio eficiente.

¿Cómo llega el agua potable a la zona rural?... Para el abastecimiento descentralizado de aguas subterráneas se recurre generalmente a pozos excavados o perforados, así como a la captación de manantiales. ... Suelen ser pequeñas, con una capacidad de extracción de hasta $1 \text{ m}^3/\text{hora}$ en los pozos de las aldeas y de hasta $5 \text{ m}^3/\text{hora}$ en las zonas de pastoreo. La categoría de este tipo de agua se puede caracterizar por ser aguas subterráneas y son una fuente crítica de agua potable para casi la mitad de la población mundial, además de suplir necesidades de irrigación para la agricultura. Por otro lado, éstas son también importantes para el sostenimiento de corrientes, lagos, humedales y otros ecosistemas asociados.

Se extrajo la muestra de agua para su análisis teniendo en cuenta que debe ser matutina para que no hubiera contaminantes por el tiempo. Se llevó la muestra de agua a CONAGUA con su etiquetado de datos como fecha, hora de la recolección, y lugar de recolección.



Figura 23. Llenado de muestra de la zona rural para analizar.



Figura 24. Comisión Nacional de Agua, CONAGUA, Morelia, Michoacán.

4. REPORTE CONAGUA

A continuación, se presenta el análisis del agua vía Conagua, Morelia, Michoacán.

Conagua me aportó información en base a la importancia de la potabilidad de México, presupuesto de la Conagua del año 2021 asciende a 24,521 millones de pesos, por arriba del 2020 22,958.3 millones y en 2019 23, 727.24 millones. Registro de México déficit en plantas para tratar agua, pese a que las plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas son de primera importancia para la población en el país hay un déficit en ellas, aunado a que hay cientos que se encuentran fuera de funcionamiento por factores como falta de recursos, según la comisión nacional de agua Conagua. Datos de la comisión precisan que en México hay 997 plantas de potabilización en funcionamiento de un total de 1,256, es decir hay 259 20.6% que no están en marcha. Los estados que más plantas potabilizadoras tienen en su generalidad son Sinaloa de 148, Coahuila y Durango



INFORME DE RESULTADOS ANALÍTICOS

I.P. RAAPUM-49/2021

Morelia, Michoacán, a 18 de octubre de 2021

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: UMSNH. Héctor Eduardo Martínez Flores; Ernesto Rubio Ferrel (Estudiante)

PROYECTO: Tesis "Potabilización del Agua"

PROCEDENCIA: No definido en la solicitud entregada

FECHA DE MUESTREO: 14 octubre 2021

NOMBRE DEL MUESTREADOR: Ernesto Rubio Ferrel

FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA: jueves 14 de octubre de 2021

LUGAR: LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA.

ID MUESTRA: AGUA POTABLE ZINAPÉCUARO, ESTUDIANTE: ERNESTO RUBIO.

RESULTADOS ANALÍTICOS

ID	PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO	MÉTODO DE ANÁLISIS
1	POTENCIAL DE HIDRÓGENO	UNIDADES	8.22	NMX-AA-008-SCFI-2016
3	COLOR	Pt/Co	5	NMX-AA-045-SCFI-2001
4	TURBIEDAD	UTN	2.5	NMX-AA-038-SCFI-2001
5	ALCALINIDAD TOTAL	mg/l	64.32	NMX-AA-036-SCFI-2001
6	DUREZA TOTAL	mg/l	52.832	NMX-AA-072-SCFI-2001
	DUREZA DE CALCIO	mg/l	28.448	NMX-AA-072-SCFI-2001
	DUREZA DE MAGNESIO	mg/l	24.384	CÁLCULO
7	SULFATOS	mg/l	8.827	NMX-AA-074-SCFI-2014
8	CLORUROS	mg/l	5.49	NMX-AA-073-SCFI-2001
9	COLIFORMES FECALES COLIFORMES TOTALES (10 ml)	UFC/100 ml	0 1100	NMX-AA-102-SCFI-2006
12	NITRÓGENO AMONICAL	mg/l	0.120	NMX-AA-026-SCFI-2010
14	NITRÓGENO DE NITRATOS	mg/l	0.705	NMX-AA-079-SCFI-2001
24	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/l	82	CÁLCULO

Nota. El parámetro Arsénico total no se lleva a cabo en el Laboratorio de la CONAGUA.

OBSERVACIONES: El estudiante llevó sus muestras al laboratorio.

EMITE

DRA. VIRIDIANA MARTÍNEZ RUIZ
ENCARGADA DEL DEPTO. DE CALIDAD DEL AGUA

***ESTE INFORME NO PODRÁ SER REPRODUCIDO SIN AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO.



Figura 25. Resultados CONAGUA

5. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

5.1. pH

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 8.22, el cual está dentro del rango de la Norma Mexicana, la cual nos indica que el pH aceptable en el agua potable esta en el rango entre 6.5 a 8.5. El pH es un importante parámetro operativo de la calidad del agua. Las aguas demasiado ácidas disuelven los metales empleados en las conducciones (plomo, cobre, zinc), los cuales, al ser ingeridos, afectan negativamente la salud. El pH aceptable para agua potable varía entre 6.5 a 8.5 como valor guía para las aguas de consumo humano, los valores extremos pueden causar irritación en las mucosas, irritación en órganos internos y hasta procesos de ulceración (Pérez, 2016).



Figura 26. Análisis de pH

5.2. COLOR

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 5 estableciendo un rango normal en la norma NMX-COLOR-045. SFCI-2001; dicha norma menciona que el valor de color debe estar por debajo de 15 UC. El color del agua puede revelar condiciones físicas, químicas y bacteriológicas. En el agua potable, el verde puede indicar la lixiviación de cobre de las tuberías de cobre y también puede representar el crecimiento de algas (Cannas, 2020). El azul también puede indicar cobre, o puede ser causado por la sifonación de limpiadores industriales en la cisterna de los inodoros, comúnmente conocido como refluo. Los rojos pueden ser signos de óxido de tuberías de hierro o de bacterias transportadas por el aire de lagos, etc. El agua negra puede indicar el crecimiento de bacterias reductoras de azufre dentro de un tanque de agua caliente configurado a una temperatura demasiado baja (Cannas, 2020).

5.3. TURBIDEZ

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 2.5 que está en el rango normal acorde a la norma NMX-TURBIEDAD-038. SCFI-2001, que menciona que el límite superior es de 4.0 UNT. La turbidez puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y

disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. La turbiedad es de importante consideración en las aguas para abastecimiento público por tres razones: la estética, la filtrabilidad y la desinfección (Cannas, 2020).

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas, principalmente calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Cannas, 2020).

5.4. ALCALINIDAD TOTAL

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 64.32 ppm. El agua ideal debe tener una alcalinidad entre 100 y 200 ppm; valores inferiores pueden generar corrosividad y valores mayores generan depósitos e incrustaciones en tuberías. La alcalinidad presente en el agua se mide por titulación con una solución valorada y depende de la concentración de los iones hidroxilo (OH^-), carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-). La importancia de la alcalinidad es significativa en los fenómenos de coagulación y ablandamiento, así como en la prevención de la corrosión. Por lo general, se mide en el agua de la fuente y en el agua de distribución, aunque también se puede medir en la etapa de coagulación y floculación (Cannas, 2020).



Figura 27. Alcalinidad

El ion fosfato en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados (Cannas, 2020).

5.5. DUREZA TOTAL

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 52.83 mg/L, y este valor implica que sea considerada como agua blanda por lo establecido por la NMX-DUREZA-072. SFCI-2001,

y con un valor máximo es de 500 mg/L, y de 0 a 79 mg CaCO₃/L se considera agua muy blanda. La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disueltos. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza. No obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor, además de la formación de incrustaciones en las tuberías con su consecuente daño (Sengupta, 2013).



Figura 28. Análisis de Dureza

El término dureza del agua se refiere a la cantidad de sales de calcio y magnesio disueltas en el agua. Estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas, y pueden ser encontrados, en mayor o menor grado, en la mayoría de las aguas naturales. Por lo general la dureza del agua es causada por la presencia de iones calcio (Ca⁺²) y iones magnesio (Mg⁺²) disueltos en el agua. Otros cationes como el aluminio (Al⁺³) y el hierro (Fe⁺³) pueden contribuir a la dureza, sin embargo su presencia es menos crítica. La forma de dureza más común y problemática es la causada por la presencia de bicarbonato de sodio (Ca(HCO₃)₂).

A. DUREZA CALCIO

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 28.44 ppm, y que corresponde a un tipo de agua muy blanda según la norma NMX-DUREZA-072. SFCI-2001. La dureza del calcio es la unidad de medida que nos dice cuánto calcio se encuentra disuelto en el agua y se mide por ppm. Los términos "agua dura", "agua blanda" y "dureza total" en general se refieren al nivel de dureza de calcio junto con otros minerales como el magnesio (Sengupta, 2013).

Tanto las aguas duras como las aguas blandas tienen sus ventajas y desventajas, aunque sanitariamente hablando, no se considera ningún riesgo el grado de dureza del agua. Los iones calcio y magnesio son esenciales para la salud, y el agua puede suponer una aportación significativa de estas necesidades nutricionales.

La dureza temporal se produce a partir de la disolución de carbonatos en forma de hidrógeno carbonatos y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂). La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, la

causa más corriente es la presencia de sulfatos y/o cloruros de calcio y de magnesio en el agua.

B. DUREZA DE MAGNESIO

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 24.38, que corresponde a un agua blanda. Cabe señalar que Las operaciones de eliminación de dureza se denominan ablandamiento o suavizado de aguas. La dureza puede ser eliminada utilizando el carbonato de sodio o potasio y cal. Estas sustancias causan la precipitación del Ca como carbonato y del Mg como hidróxido. Otro proceso para la eliminación de la dureza del agua es mediante resinas de intercambio iónico (Sengupta, 2013).

5.6. SULFATOS

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 8.8 ppm y el cual es bastante bajo, ya que el máximo permisible es de 400 ppm acorde a la Norma Mexicana. El sulfato es uno de los iones que se encuentran presentes casi siempre en el agua subterránea de manera natural, y debido a la elevada solubilidad de sus sales (Sengupta, 2013).

5.7. CLORUROS

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 5.49 ppm. El ion cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, y su presencia es necesaria en aguas potables. En el agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable; algunas aguas conteniendo 25 mg/L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio.

En el caso del cloro libre, la mayoría de las personas pueden detectar, mediante el olfato o el gusto, la presencia en el agua de consumo, y en cantidades bastante menores que 5 mg/l, y algunas incluso pueden detectar hasta 0.3 mg/l. En el agua subterránea natural, la mayoría de las sustancias disueltas se encuentran en estado iónico (Sengupta, 2013).

El cloruro es uno de estos iones que se encuentran presentes casi siempre, y debido a la elevada solubilidad de sus sales, éstos pasan rápidamente a la fase acuosa pudiendo alcanzar concentraciones muy altas. Los principales mecanismos de llegada de cloruros son los de propagación a partir de la superficie, que incluyen los casos de arrastre desde la superficie del terreno por las aguas de infiltración. El ion no forma sales de baja solubilidad, no se oxida ni se reduce en aguas naturales, no es adsorbido significativamente ni entra a formar parte de procesos bioquímicos (Sengupta, 2013).

La determinación de cloruros se basa en una valoración con nitrato de plata utilizando como indicador cromato de potasio. La plata reacciona con los cloruros para formar un precipitado de cloruro de plata de color blanco. En el método de Mohr el cromato de

potasio es un indicador, el cual después de que los iones cloruro han reaccionado produce cromato de plata, rojo, amarillo y lila (Sengupta, 2013).

La presencia de cloruros altos en el agua de consumo produce hipertensión arterial, ya que los riñones no son capaces de eliminar lo que sobra (Sengupta, 2013).



Figura 29. Cloruros

5.8. MICROORGANISMOS

La presencia de Coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias Coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Estos se pueden encontrar tanto en las heces como en el medio ambiente y en el agua para consumo con concentraciones de nutrientes relativamente elevadas (Dolin et al., 2019).

A. COLIFORMES FECALES

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 0, es decir, no tenemos coliformes fecales. Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, y por lo tanto se requiere una prueba más específica para detectar la contaminación por aguas residuales o desechos animales (Dolin et al., 2019).

B. COLIFORMES TOTALES

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 1,100, lo cual no es permisible este rango con la presente Norma Mexicana específica el método enumeración en agua de organismos coliformes, organismos coliformes fecales (termo tolerantes) y *Escherichia coli* mediante cultivo en un medio líquido contenido en tubos múltiples y cálculo de su número más probable en la muestra, en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. La

presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad, más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua. Las bacterias coliformes totales no deben estar en el agua y su presencia indica que hay una posible vía de contaminación en el agua potable (Dolin et al., 2019).

5.9. NITRÓGENO AMONIACAL

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 0.12 mg/L, y es un rango que no está en el rango requerido de la Norma Mexicana NMX-NITRATOS-026. SFCI-2010, la cual establece un valor normalmente más bajo de 0.1 mg/L. El análisis de nitrógeno amoniacal consistió en la determinación de la cantidad de iones amonio y amoniaco, y que indica la degradación incompleta de la degradación de la materia orgánica (Solera, 2014).



Figura 30. Nitrógeno amoniacal

5.10. NITRÓGENO DE NITRATOS

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 0.705 ppm. La norma señala un valor máximo de nitrógeno de nitratos de 11.0 ppm y de 0.9 de nitrógeno de nitritos, Norma Mexicana NMX-NITRATOS-079. SFCI-2001. La concentración de nitrato en aguas subterráneas y superficiales suele ser baja, pero puede llegar a ser alta por filtrado o escorrentía de tierras agrícolas o debido a la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoniaco y fuentes similares (Solera, 2014).

5.11. SÓLIDOS DISUELTOS

Acorde a CONAGUA se obtuvo un valor de 82 ppm, el cual no hay un exceso de sólidos disueltos acorde a la Norma Mexicana NMX-AA-074-SCFI-2014, que establece un valor máximo de 1000 ppm. El parámetro de los sólidos totales disueltos es de gran importancia, ya indica la calidad del agua. Los sólidos disueltos, de un tamaño inferior a 2 micras, se refieren a cualquier mineral, sal, metal, en forma de moléculas, átomos, cationes o aniones disueltos en el agua. Los sólidos totales disueltos (TDS) comprenden las sales inorgánicas (principalmente calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sul-

factos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que se disuelven en el agua. La concentración de TDS es la suma de todas las sustancias filtrables presentes en el agua que pueden determinarse gravimétricamente (Solera, 2014).



Figura 31. Sólidos Totales

Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y microorganismos, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor (Solera, 2014).

6. PRUEBAS RURALES DEL FILTRO DE ZEOLITA

El filtro de agua para casa brindará accesibilidad al líquido vital natural y puro, de esta manera evita contraer enfermedades gastrointestinales o en su defecto, algún tipo de infección a causa de beber agua contaminada. El filtro de agua acabará con las impurezas del agua y mejorará su sabor, permitiéndonos disfrutar de un agua mucho más saludable, ligera y transparente, además de colaborar con la preservación de nuestro planeta. La zeolita infunde en el tratamiento y filtración de agua en ablandar el agua, absorbiendo el calcio y magnesio, elimina el cloro del grifo, y elimina el hierro de las aguas subterráneas.



Figura 32. Donación del Filtro a una Zona Rural en Michoacán.

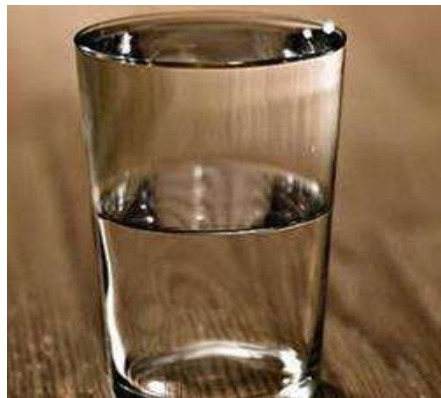


Figura 33. Agua Filtrada

Se cumplió el objetivo de aportar el filtro purificador de agua a la comunidad, ya que no contaba con el agua potable, por lo que a menor caudal son mejores los resultados de la experiencia. Para este compuesto zeolita con silicato de potasio y con carbón activado de plata actúan como un buen medio filtrante. Las personas de bajos recursos fueron beneficiarias.

7. HIDROPONÍA EXPERIMENTAL

La vivienda a la que le aporte el filtro tiene demasiado espacio para poder tener un beneficio extra en cuanto a la productividad agrícola mediante cultivos hidropónicos. Oriente a la persona que tuvieran en cuenta que la economía los favorece en cuanto, a cultivos de cualquier fruta, verdura, etc.

Se propuso el uso de un sistema de riego por goteo hidropónico casero para la productividad agrícola con elementos simples y no caros, lo que fue de gran importancia a nivel económico y productivo para las próximas cosechas de la comunidad.

Para crear un sistema de riego por goteo hidropónico casero se usaron botellas de plástico suave, como botellas de agua, refresco o garrafones, anillos para colgarlas, micro goteros o normo-goteros, los cuales se consiguen en farmacia de artículos médicos, un taladro o un clavo para concreto, embudos, un cúter y ganchos metálicos para ropa, que funcionarán como un arnés.

El primer paso fue tomar la tapa de una de las botellas o garrafones y hacerle una perforación en el centro con el clavo; el agujero se hizo un poco menor al punzón del normo-gotero para que éste entre a presión y no haya una fuga de agua.

Se realizó un corte pequeño en forma de cruz en la base de la botella para insertar el embudo, éste servirá para llenar la botella con agua y para evitar accidentes. A continuación, se hacen dos agujeros más en la parte inferior de la botella, uno frente al otro para colocar el gancho que servirá como asa.



Figura 34. Riego por Goteo Construido

Una vez que están insertados los punzones en la tapa, ésta se enroscó y colgó de tal manera que queden fijamente insertados boca abajo en la tapa. Esto sirve para que la botella cuando se encuentre por encima del huerto circule correctamente el agua y la irrigación sea más productiva para los cultivos.

Al terminar este proceso, se colocó la parte de la sonda en la botella, la cual dejará caer el agua gota a gota y será controlada a través de la llave reguladora. Para esto es importante determinar cuánta agua es suficiente para los cultivos, esto depende del tamaño de estos y de la especie. El riego por goteo es muy utilizado en el cultivo de hortalizas como jitomate, habanero, para plantas de porte alto o para cultivar hierbas aromáticas y flores.

¿Qué plantas se pueden plantar en una botella? Realice un mini cultivo para saber cuáles plantas pueden crecer en una botella:

- Lechuga. Esta es una de las verduras más fáciles de cultivar. ...
- Espinaca. También es una hortaliza noble, crece fácilmente, pero necesita mucha luz.
- Chiles no se detectó problemas, se pudo cultivar efectivamente.
- Albahaca no se detectó problemas, se pudo cultivar efectivamente.
- Hierbabuena no se detectó problemas, se pudo cultivar efectivamente.
- Romero no se detectó problemas, se pudo cultivar efectivamente.



Figura 35. Plantas cultivadas en una botella plástico.

VII. CONCLUSIONES

En este estudio se desarrolló un filtro para purificación de agua con calidad de potable y que fue probado con éxito en una localidad rural del estado de Michoacán.

El filtro completo se constituyó de varias capas, y cada una con funciones específicas, y de abajo hacia arriba, algodón, pasta de zeolita, piedras, arena silica, arena de mar, carbón activado dopado con plata, y algodón. La pasta de zeolitas también fue desarrollada por nosotros, y se elaboró usando zeolita y silicato de potasio calentados a 50°C por 24 horas y que permite filtrar moléculas menores a 10 micras. El carbón activado dopado con plata permite la eliminación de microorganismos.

Se evaluó la funcionalidad del filtro en la región rural del Madroño de Zinapécuaro, Michoacán, México, y validando la calidad del agua por un reporte técnico de CONAGUA, Morelia, Michoacán. Los valores finales fueron pH de 8.2; color, 5; turbidez, 2.5 UTN; alcalinidad total, 64.3 mg/L; dureza total, 52.8 mg/L; dureza calcio, 28.4 mg/L; dureza magnesio, 24.3 mg/L; sulfatos, 8.8 mg/L; cloruros, 5.4 mg/L; coliformes fecales, 0 UFC/100 mL; coliformes totales, 1,100 UFC/100 mL; nitrógeno amoniacal, 0.1 mg/L; nitrógeno de nitratos, 0.7 mg/L; y sólidos disueltos totales, 82 mg/L.

Acorde a dichos resultados, el agua filtrada entra dentro del tipo de agua blanda. En este caso, solamente se estuvo fuera de los parámetros establecidos por las Normas Mexicanas en nitrógeno amoniacal, y coliformes totales, y en función a esto se sugiere hacer un estudio sobre la calidad microbiológica del origen de dicha agua.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Adame L. & Chabanel C. 2013. Les composés organiques volatils. 3° Edition. Edit. Dunod. Francia. 133- 263.
- Adikwu E. & Ehigiator B. 2020. Toxicological Effects of Ethanolic Stem Bark Extract of *Xylopia Aethiopica* on Testicular Oxidative Stress Markers and Histology of Male Rats. 2° Edition. Edit. Mai Publics. USA. 33–37.
- Alain F., Jean-François R., Fabrizio C & Bernard P. 2014. Géologie, Avec la simple entrée argent. 2° Edition. Edit. Dunod. Paris, Francia. 24.
- Alcade B. 2017. Surveiller la qualité de l'eau. 2° Edition. Edit. Dunod. Versailles, Francia. 27-31.
- Armstrong F. & Bradley B. 2012. The water: solvent of life. 1° Edición. Edit. Reverte. Canada. pp. 23-36.
- Arup K. 2017. Échange d'ions dans les processus environnementaux : fondamentaux, applications et technologie durable. 2° Edition. Edit. Hoboken New Jersey. USA. 20-40.
- Baños A. 2018. La importancia de la turbidez en la técnica instrumental. 2° Edition. Edit. Hanna editores. Argentina. 8.
- Benez M. & Kauffer M. 2010. Percepciones ambientales de la calidad del agua superficial en la microcuenca del río Fogótico, Frontera Norte Chiapas 43:(22).
- Bennett J. & Dolin R. 2019. Principles and Practice of Infectious Diseases. 2° Edition. Edit. Elsevier. Atlanta, USA. 369.
- Bennett J. 2019. Principles and Practice of Infectious Diseases. 2° Edition. Edit. Elsevier. Denver, USA. 80.
- Campbell N. & Reece A. 2013. Biología. 3° Edición. Edit. Médica Panamericana. México, Pag.78-80.
- Cannas A. 2020. Tannins: fascinating but sometimes dangerous molecules. 2° Edition. Edit. Cornell University Department of Animal Science. New York, USA. 45-50.
- Carl Zimmer. 2016. Planète de virus. 3° Edition. Edit. Belin. Paris, Francia. 125
- Carreño F. 2021 Design and development of a biotreatment of *E. crassipes* for the decontamination of water with Chromium (VI). 2° Edition. Edit Scientific editors. Denver, USA. 51-73.
- Daubert E. & Danner R. 2012. Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals. 2° Edition. Edit. Taylor & Francis publics. USA. 300-305.
- Dubois C. & Avignon M. 2014. Observer la Terre depuis l'espace. Enjeux des données spatiales pour la société. 2° Edition. Edit. Dunod. Argentina. 256.
- García Q. & Tamara V. 2012. Propuesta de índices de calidad de agua para ecosistemas hídricos, 2° Edición. Edit. Santiago, Chile. 57-60.
- Gilbert W. 2012. Físicoquímica. 2° Edición. Edit. Pearson. Sevilla, España. 433
- Halliday, D. & Damian L. 2012. The suppressive effects of ultraviolet radiation on immunity in the skin and internal organs: implications for autoimmunity. 2° Edition. Edit. Dermatological Science. New York, USA. 70-72.

- Harvey J. & Camacho L. 2020. Water Quality. Drinking Water. 3° Edition. Edit. Protection Oregon Multnomah. USA. 20-21
- Heinke G. 2012. Ingeniería Ambiental. 2° Edition. Edit Prentice. Kansas, USA. 163
- Hubert Y. 2014. Cultiver ses légumes hors-sols. 2° Edition. Edit Ulmer. Paris, Francia. 15-24.
- Huechuraba S. 2021. Medición de cloro en agua potable. 3° Edition. Edit Industriales. Chile. 30.
- Ignasse J. 2014. Transformer l'électricité en gaz. 2° Edition. Edit Sciences et Avenir. Ajaccio. P.54-69.
- Jean Blanc A. 2013. L'eau du robinet est elle dangereuse pour la santé. 2° Edition. Edit. Sur le point. Francia. 58-70.
- Jiménez M. 2016. La Jornada, "Agua". 2° Edición. Edit. especial. México, 57-69.
- Johel R. 2012. Parámetros físicos de magnesio. 2° Edition. Edit. Pensamiento Actual. Costa Rica. 45-49
- Johnson, A. 2015. Geogenic Contamination Handbook – Addressing Arsenic and Fluoride in Drinking Water. 3° Edition. Edit. Duebendorf. Suiza. 35.
- Kuert W. 2012. Amitié entre égaux - Souvenirs des cinquante premières années de l'ISO. 2° Edition. Edit. Série de séminaires sur l'entrepreneuriat éditeurs. Orleans, Francia. 80-83.
- Lazos E. & Paré L. 2012. Miradas indígenas sobre una naturaleza "entristecida": percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz, México. 3° Edición Edit. IIS/UNAM. México 85-100.
- Margetic C. 2014. Des industries agroalimentaires françaises face à des enjeux majeurs. 2° Edition. Edit. L'Information géographique. Paris, Francia. 27-30.
- Marina A. 2015. Medición de ion sulfato en aguas. 2° Edition. Edit. UNELAB. México. 15-19.
- Mora D. 2012. Presencia de arsénico y coliformes en agua potable. 2° Edition. Edit Contam. México. 24.
- Mount A. & Victoria L. 2021. Fundortbeschreibung und Mineralliste für Mount A. 2° Edition. Edit. Hudson Indal Deutschland. Alemania. 34-35.
- Patriarhou G. 2021. Primato, zeolita para que sirve. 2° Edition. Edit. Salónica. España. 15.
- Patrick W. & Francis D. 2015. Voyage d'un grain de sable. 3° Edition. Edit. EDP Sciences. Toulouse, Francia. 40.
- Pérez E. 2016. Control de calidad de aguas para el consumo. 3° Edition. Edit. Commons. Cartago, España. 50.
- Pérez E. 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha. 29(3).
- Philippe J. 2017. Écologie politique de l'eau. 2° Edition. Edit Hermann Éditeurs. Lucerna, Francia. 54-78.

- Pierre L. 2013. Les aquaporines dans La Science au présent Versailles 2° Edition. Edit Encyclopedia Universalis. Francia. 67-79
- Reece T. & Jane B. 2013. *Campbell Biology*. 2° Edition. Edit. Pearson. Detroit, USA. 48
- Rhoades R. & Tanner G. 2012. *Medical Physiology* 2° Edition. Edit. Lippincott. California, USA. 30-34.
- Rodier J. & Legube B. 2016. L'analyse de l'eau. 2° Edition. Edit. Dunod. Argentina. 138-141.
- Saint B. 2020. La qualité de l'eau. 2° Edition. Edit. Médicis. Paris, Francia. 218-226.
- Sauer J. 2017. *Historical Geography of Crop Plants: A Select Roster*. 2° Edition. Edit. Routledge. New York, USA. 115.
- Sengupta P. 2013. Impacts potentiels sur la santé de l'eau dure". *Médecine Préventive Internationale*. Francia. 78-84.
- Solera R. 2014. Aspectos biológicos de la digestión anaeróbica. 2° Edición. Ediciones Paraninfo. Chile. 54-59.
- Sophie A. & Bondeau G. 2012. Les mégots une dangereuse pollution. 2° Edition. Edit. Stop-Tabac. Francia. 34-55.
- Tylkowski B. 2017. Capsules intelligentes pour l'élimination du plomb des eaux usées industrielles. 3° Edition. Edit. Roland. Paris, Francia. 61–78.
- Vazken A. & Jean M. 2012. Rivières & rivaux : les frontières de l'eau. 2° Edition. Edit. Quae. Versailles, Francia. 134-143.
- Versini F. 2013. *Le charbon de bois activé*. 2° Edition. Edit. Rouge et Vert éditions. Francia. 45-48.
- Versini F. 2013. *Le charbon de bois activé*. 2° Edition. Edit. Rouge et Vert éditions. Corseguia, Francia. 60-80.
- Vijay V. & Pimm S. 2016. The Impacts of Oil Palm on recent Deforestation and Biodiversity Loss. 2° Edition. Edit. Plos One. Massachussets, USA. 35-45.
- Wahrman M. 2016. *The Handbook: Surviving in a Germ-Filled World*. 2° Edition. Edit. University Press of New England. USA. 46-48.
- William C., & David R. 2013. *Ciencia e Ingeniería de Materiales*. 2° Edition. Edit. Wiley. Irlanda. 45-60.
- Yunguo L. & Lidunka V. 2020. The Earth's core as a reservoir of water. 2° Edition. Edit. Nature Geoscience. Canada. 453-458, 420-423.
- Zaragoza A. 2022. Agua apta para el consumo humano. 2° Edition. Edit. Polígono. Madrid, España. 40