

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



PLANTA DESALINIZADORA UNA INNOVACIÓN EN EL SALVADOR

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

CHRISTIAN EDUARDO CONTRERAS RODRÍGUEZ

KENYA LISSETH HERNÁNDEZ VILLANUEVA

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

MARZO 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MSD. NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

M.Sc. KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS

MAESTRA MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ

LICENCIADA ROSA MIRIAN RIVAS DE LARA

TUTORA

LICENCIA KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Profundos agradecimiento a la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por brindar la oportunidad de realizar el programa curso de especialización “GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA” en modalidad de trabajo de grado y poder avanzar en nuestro proceso graduación.

A la comunidad de la Isla Madre Sal, queremos expresar nuestra más sincera gratitud a todos ustedes por su generosidad al compartir su tiempo, conocimiento y experiencias ha sido esencial para el desarrollo y éxito de esta investigación. Gracias por abrirnos las puertas de sus hogares y por su disposición para participar, proporcionando datos y perspectivas valiosas que han enriquecido enormemente nuestro trabajo. Este proyecto no habría sido posible sin su apoyo y compromiso.

A nuestra tutora Licenciada Katia Eunice Leyton Barrientos por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este proyecto, por su paciencia, por su tiempo y compromiso acompañándonos en todo momento de este proceso.

Dedicamos este proyecto a nuestros queridos padres con profunda gratitud y aprecio, reconociéndolos como nuestros pilares y guías inquebrantables. Gracias a su amor incondicional, apoyo inagotable y fe constante en nuestras capacidades, este logro ha sido posible. Desde nuestros primeros pasos en la educación hasta este momento culminante, su ejemplo de trabajo arduo, perseverancia y dedicación nos ha inspirado y motivado a superar cada desafío y perseguir nuestros sueños con valentía. Este logro es tanto de ustedes como nuestro, y les agradecemos de corazón por su sacrificio, paciencia y sabiduría, esperando que se sientan tan orgullosos de nosotros como nosotros lo estamos de ustedes.

A nuestros queridos hermanos, con profundo amor y aprecio, nuestros compañeros de vida y fuentes constantes de apoyo. Gracias por su inquebrantable fe en nosotros, por su ánimo en los momentos difíciles. Su presencia y apoyo han sido fundamentales en cada paso de este camino, brindándonos la fuerza y la motivación necesarias para superar cada desafío.

Kenya Lisseth Hernández Villanueva

Christian Eduardo Contreras Rodríguez

INDICE

Pág N°

RESUMEN

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

9

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

11

2.2 Objetivos específicos

11

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

13

3.1 El agua de mar y cómo puede ser óptima para el consumo humano.

13

3.2 Desalinización de agua de mar

13

3.3 Sistema de ósmosis inversa

14

3.4 Plantas desalinizadoras en el mundo

15

3.5 Impacto de las descargas al medio ambiente.

15

3.6 Beneficios de un sistema de desalinización de osmosis inversa

16

3.7 Isla Madre Sal de Puerto El Triunfo Usulután

17

3.8 Planta desalinizadora Madresal

17

3.8.1 Proceso de desalinización de la planta Madresal

17

3.9 Relación de la planta con la comunidad

19

3.9.1 Resultados y análisis de encuestas a familias de la comunidad

20

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

23

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES.

25

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

27

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

RESUMEN

Garantizar la distribución de agua potable de manera igualitaria es una tarea que se vuelve más difícil cada día, por ello, es necesario implementar nuevas tecnologías que garanticen el acceso al agua potable, ya que es un derecho humano.

La desalinización de agua de mar, es un proceso novedoso en El Salvador, permite aprovechar este recurso en zonas donde las fuentes de agua dulce son escasas. Por lo que este trabajo abordó el proceso de desalinización de agua de mar en la planta desalinizadora ubicada en la Isla Madre Sal, Puerto El Triunfo, Usulután. El objetivo fue exponer el funcionamiento de dicha planta y su impacto en la comunidad local. La metodología incluyó la recopilación de información sobre el proceso de desalinización, encuestas hacia los habitantes y la elaboración de un video documental para divulgar los hallazgos.

Se investigó la operación de la planta, desde su inauguración en 2022 hasta el presente, y se realizaron encuestas a las familias de la isla para conocer su experiencia y nivel de satisfacción con el servicio brindado. Los resultados mostraron que, aunque inicialmente la planta proporcionó agua de calidad, con el tiempo la comunidad percibió una disminución en la calidad del agua, lo que llevó a algunos habitantes a continuar con el uso de fuentes alternativas como pozos y la compra de agua embotellada.

La planta desalinizadora es una solución viable para mitigar la escasez de agua potable, pero su operación eficiente requiere de un constante mantenimiento y una inversión considerable. Además, la desconfianza de la comunidad hacia el servicio destacó la importancia de mejorar la comunicación y educación sobre el proceso de desalinización.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

En un mundo donde el acceso al agua potable sigue siendo un desafío crítico, especialmente en regiones con escasez de fuentes de agua dulce, la desalinización emerge como una tecnología prometedora. El objetivo principal de este proyecto es exponer el proceso de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa, tomando de ejemplo la planta ubicada en la Isla Madre Sal, en Puerto El Triunfo, departamento de Usulután. Esto se desarrolló con una visión clara de comprender esta tecnología y cómo puede ser replicada en otras áreas con desafíos similares.

Para alcanzar este objetivo, se plantearon varias metas específicas: en primer lugar, se buscó recopilar información detallada sobre el funcionamiento de las plantas desalinizadoras. Además, se llevó a cabo un censo para recoger opiniones y percepciones de las familias residentes en la Isla Madre Sal, proporcionando una visión integral sobre la aceptación y el impacto social de la planta.

La metodología empleada en este proyecto combinó la recolección de datos cualitativos y cuantitativos mediante entrevistas y observaciones directas, junto con una revisión exhaustiva de la literatura especializada en desalinización. Este enfoque permitió obtener una comprensión profunda sobre el contexto, los desafíos y las oportunidades asociados con la planta desalinizadora. La colaboración estrecha con la comunidad de la Isla Madre Sal fue fundamental, ya que su participación activa proporcionó información valiosa y auténtica sobre la realidad local.

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en un período de 7 meses, desde febrero hasta agosto de 2024. Durante este tiempo, se realizó la visita a la Isla Madre Sal, se llevaron a cabo entrevistas con residentes y se investigó sobre las etapas del proceso de desalación y los componentes que conforman la planta Madre Sal. El producto final de este esfuerzo es un video documental de 30 minutos, que no solo informa sobre el proceso técnico de desalinización, sino que también destaca las historias y experiencias de la comunidad. Este documental tiene como propósito exponer el proceso de desalinización de agua de mar en la planta ubicada en Isla Madre Sal, contribuyendo al conocimiento técnico y científico sobre la desalinización y de cómo la tecnología puede ser utilizada para garantizar un recurso tan vital como el agua potable, mejorando así la calidad de vida y promoviendo el desarrollo sostenible en El Salvador.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Exponer el proceso de desalinización de agua de mar en la planta ubicada en Isla Madre Sal, Puerto El Triunfo, en el departamento de Usulután.

2.2 Objetivos específicos:

- 2.2.1 Recolectar información sobre el proceso de las plantas desalinizadoras, su funcionamiento, ventajas y desventajas.
- 2.2.2 Conocer el proceso de desalinización que se desarrolla en la planta Madre Sal, ubicada en Isla Madre Sal, Puerto El Triunfo.
- 2.2.3 Censar la opinión de las familias de la comunidad de la Isla Madre Sal con respecto a la planta desalinizadora y el aporte que ha tenido en sus vidas.
- 2.2.4 Elaborar un video documental que exponga el funcionamiento de la planta ubicada en la Isla Madre Sal, en Puerto El Triunfo, Usulután, y que relate la experiencia de los habitantes de esa localidad con respecto a ello.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 El agua de mar y cómo puede ser óptima para el consumo humano.

El agua es vital para la vida, pero su distribución en el planeta es desigual. Del total del agua existente, el 97.5% es salada y el 2.5% corresponde al agua dulce, pero solo menos del 1% es apta para el consumo humano. Esta escasez de agua potable se agrava con el crecimiento demográfico, la urbanización y el cambio climático, afectando la salud, el bienestar y el desarrollo económico de muchas regiones.¹

El consumo directo de agua de mar tiene consecuencias graves para la salud humana. El alto contenido de sal puede causar deshidratación severa, ya que el cuerpo necesita expulsar el exceso de sal, utilizando más agua de la que se ingiere. Esto puede llevar a problemas renales, hipertensión y, en casos extremos, puede ser fatal.¹

La desalinización del agua de mar se presenta como una solución viable para que el agua de mar pueda ser óptima para el consumo humano. Las plantas desalinizadoras, ubicadas en regiones costeras, son capaces de suministrar grandes volúmenes de agua potable, aliviando la presión sobre las fuentes tradicionales de agua dulce.

3.2 Desalinización de agua de mar²

La desalinización o desalación es el proceso donde se separan los minerales y otras sustancias indeseables que están disueltas en el agua salobre, con el fin de obtener agua que sea apta para el consumo humano, uso agrícola e industrial. Durante este proceso, el agua se divide en dos flujos:

- Permeado: posee una baja concentración de sales y puede utilizarse, aunque muchas veces requiere un postratamiento.
- Salmuera: tiene una alta concentración de sales; generalmente es vertido al mar.

Verter la salmuera al mar, representa un grave impacto ambiental, ya que puede dañar drásticamente el ecosistema si no se le da un manejo adecuado.

El proceso de desalinización se realiza mediante las plantas desalinizadoras, estas son estructuras que están dedicadas a desalinizar el agua de mar, durante muchos años se ha obtenido agua potable de este tipo de plantas, aunque inicialmente su fabricación y mantenimiento tenían un alto costo,

pero con la evolución de las tecnologías de desalinización, se ha logrado que estas consuman menos energía y sean más eficaces, con un mayor rendimiento y reducción de costos de producción. Este avance ha hecho que las aguas desalinizadas sean una alternativa sostenible para la obtención de agua que sea apta para el consumo.

3.3 Sistema de ósmosis inversa

Este sistema se basa en un proceso natural llamado ósmosis, sucede al colocar dos soluciones de diferentes concentraciones de sal en un recipiente donde están separadas por una membrana semipermeable (Figura N° 1, Diagrama 1). Dicha membrana permite que exista un desplazamiento de agua desde la solución con menor concentración a la de mayor concentración hasta equilibrar las concentraciones de ambas soluciones. Durante el proceso, ambas soluciones inician con la misma cantidad en ambas partes del recipiente; posterior al equilibrio, se observa una diferencia en la altura de cada una. Esto representa una diferencia de presión, llamada presión osmótica (π)² (Figura N°1, Diagrama 2).

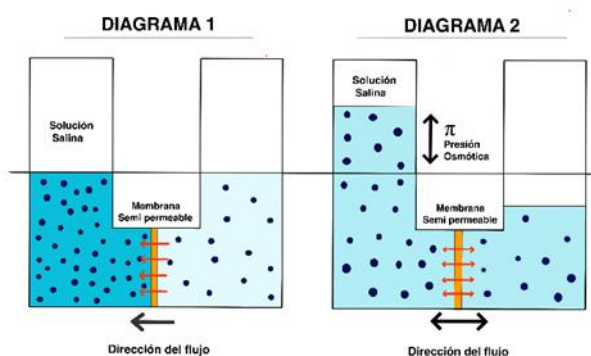


Figura N° 1. Proceso natural de ósmosis

Fuente: Elaboración Propia

Cuando se ejerce una presión de empuje externa superior a la presión osmótica y en dirección opuesta, se invierte el proceso de ósmosis y el agua de la solución más concentrada pasa a través de la membrana semipermeable hacia la solución de menor concentración, de esta manera se purifica el agua, a este proceso se le llama osmosis inversa¹. (Figura N°2)

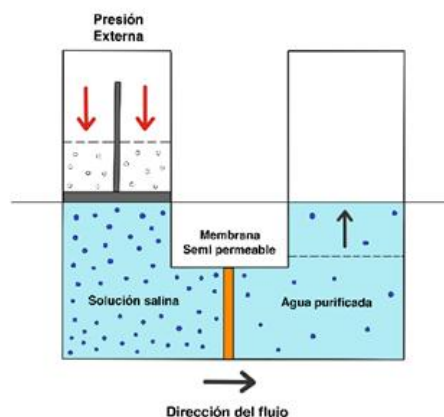


Figura N° 2: Proceso de ósmosis inversa
Fuente: Elaboración propia

3.4 Plantas desalinizadoras en el mundo³

Dos de las plantas desalinizadoras más grandes del mundo utilizan la tecnología de ósmosis inversa. Ambas se encuentran en Israel, un país donde los recursos hídricos son escasos y se encuentran en continuo descenso; su alto crecimiento demográfico y las consecuencias del cambio climático son factores que aumentan la demanda de agua para consumo humano.

Una de estas plantas es Sorek, la cual fue construida por la empresa española Sadyt e inaugurada en 2013. Es la planta desalinizadora más grande del mundo, en la cual 540.000 m³/día se destinan al sistema de distribución de agua de Israel.

La segunda planta desalinizadora más grande del mundo es IDAM, ubicada en Ashdod. Tiene una capacidad de producción de 384.000 m³ al día.

3.5 Impacto de las descargas al medio ambiente

La disposición de residuos de plantas desalinizadoras puede tener graves impactos ambientales tanto en tierra como en el mar. En tierra, la filtración de salmuera puede contaminar acuíferos de agua dulce y salinizar el suelo, afectando el crecimiento de cultivos. En el mar, la salmuera densa puede dañar comunidades bentónicas y depositar metales pesados, perjudicando huevos, larvas y plancton. Las corrientes y el oleaje influyen en estos efectos, pero el aumento de salinidad y temperatura cerca de las descargas puede matar organismos locales y alterar rutas de migración de

peces. Las condiciones extremas resultan en una disminución de la fauna y flora, y la posible aparición de especies no comunes en la zona.⁴

- Principio del formulario

-
- Final del formulario
-

(3)

Algunas de las acciones que pueden tomarse en cuenta para mitigar estos impactos al medio ambiente son:

- Ubicar las zonas de descarga en un sector que no afecte críticamente a las comunidades ecológicas.
- Diluir adecuadamente la corriente de salmuera para reducir el impacto en la salud de las especies marinas.
- Utilizar pretratamientos rigurosos para reducir considerablemente el uso de sustancias peligrosas en las plantas de desalinización.
- Utilizar materiales de construcción con baja susceptibilidad a problemas de corrosión para reducir el uso de químicos anticorrosivos.
- Descargar los residuos en tiempos en los que las comunidades marinas se vean menos afectadas.

3.6 Beneficios de un sistema de desalinización por ósmosis inversa

La ósmosis inversa es capaz de eliminar hasta el 99% de las sales disueltas, partículas, coloides, orgánicos, bacterias y pirógenos del agua que alimenta el sistema. Aunque no se puede confiar plenamente en un sistema de ósmosis inversa para eliminar el 100% de las bacterias y virus.⁽⁴⁾

La membrana rechaza los contaminantes según su tamaño y carga. Cualquier contaminante con un peso molecular superior a 200 probablemente será rechazado por un sistema de ósmosis inversa que funcione correctamente.⁵

Además, cuanto mayor sea la carga iónica del contaminante, es más probable que no pueda atravesar la membrana. Debido a que un sistema de ósmosis inversa no elimina los gases, el agua de permeado puede tener un nivel de pH ligeramente más bajo de lo normal, dependiendo de los niveles de dióxido de carbono en el agua, ya que el CO₂ se convierte en ácido carbónico.⁵

Entre los beneficios de este sistema podemos mencionar los siguientes:

- Elimina bacterias y patógenos del agua del grifo, reduciendo el riesgo de enfermedades gastrointestinales.
- Elimina el sabor y los olores del cloro, mejorando el sabor del agua del grifo.
- Ahorra dinero al prescindir de garrafones de agua, similar a los dispensadores de agua.
- Los sistemas de ósmosis inversa ocupan poco espacio.

3.7 Isla Madre Sal de Puerto El Triunfo Usulután

La Isla Madre Sal, situada en el municipio de Puerto El Triunfo, departamento de Usulután, El Salvador, es un lugar de gran interés tanto ecológico como histórico. Esta pequeña isla, ubicada en el corazón de la bahía de Jiquilisco, ha sido habitada desde tiempos precolombinos, y ha visto un desarrollo limitado pero significativo debido a su aislamiento geográfico. Su economía local se basó principalmente en la pesca y, en menor medida, en la extracción de sal, una actividad que dio nombre a la isla durante el siglo XX.

Uno de los desafíos más significativos para los habitantes de la Isla Madre Sal ha sido el acceso a agua potable. Históricamente, la escasez de agua dulce en la isla obligó a sus habitantes a depender de diferentes fuentes, el método más acogido por la comunidad es la recolección de agua de lluvia almacenada en venas de agua por medio de bombas de succión, este sistema fue nombrado por los habitantes bajo el nombre “punteras”.

3.8 Planta desalinizadora Madresal

Las autoridades locales y organizaciones no gubernamentales comenzaron a reconocer la severa escasez de agua potable en la Isla Madre Sal. La comunidad dependía casi por completo del transporte de agua comprada desde la bahía, lo que resultaba costoso e insostenible a largo plazo.

El gobierno de El Salvador y la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), inició la planificación de una planta desalinizadora que podría satisfacer las necesidades de agua potable de los habitantes de la isla. El proyecto tuvo una inversión de \$800,000 y fue inaugurado el 12 de julio de 2022. Beneficiando a una comunidad de alrededor de 600 habitantes.⁶

3.8.1 Proceso de desalinización de la planta Madresal

La planta desalinizadora tiene la capacidad de manejar sólidos disueltos totales de hasta 20,000 partículas por millón, sus diferentes etapas están divididas en:

Sistema de Pretratamiento

- Oxidación por Cloración: El agua de mar alimenta al sistema de pretratamiento y se aplica la cloración para oxidar y desinfectar el agua, eliminando bacterias, virus y otros microorganismos. Además, este proceso ayuda a oxidar compuestos de hierro y manganeso que pueden estar presentes en el agua.⁷
- Filtro Multimedia de Arena Antracita y Arena Verde: el agua pasa a través de un filtro multimedia compuesto por capas de arena antracita, arena verde y otros medios granulados. La arena antracita es efectiva para la eliminación de sólidos suspendidos y la arena verde se usa específicamente para la remoción de hierro y manganeso oxidados. Este paso también elimina otros sólidos grandes y partículas que podrían obstruir las membranas de ósmosis inversa.⁸
- Dosificación de Metabisulfito de Sodio (SMBS), después del filtrado, se inyecta metabisulfito de sodio (SMBS) en el flujo de agua. Se utiliza para reducir cualquier cloro residual presente, protegiendo así las membranas de ósmosis inversa, ya que el cloro puede degradar las membranas de poliamida. Además, actúa como agente reductor, evitando la formación de subproductos de la oxidación.⁹

Bomba de Alta Presión:

- El agua tratada pre filtrada se bombea a alta presión hacia el sistema de ósmosis inversa. La bomba de alta presión, con un motor de 15 HP, suministra la presión necesaria (generalmente entre 800 y 1000 psi) para superar la presión osmótica natural del agua y forzar el paso del agua a través de las membranas de ósmosis inversa.¹⁰

Proceso de osmosis inversa:

- Filtros Porta Membrana, el agua presurizada entra en los filtros porta membrana, cada uno de 8" con capacidad de 1000 psi, que contienen 4 cartuchos de membranas de ósmosis

inversa. Las membranas permiten el paso de moléculas de agua, pero retienen sales disueltas, minerales y otras impurezas.¹⁰

Monitoreo de procesos:

- Sensores de pH/ORP: Monitorean el pH y el potencial de reducción-oxidación del agua para asegurarse de que esté dentro del rango óptimo para el proceso de osmosis inversa (generalmente pH 6.5-7.5) y que no haya presencia de cloro o agentes oxidantes que puedan dañar las membranas.¹⁰
- Sensores de Caudal: Miden el caudal de agua en diferentes puntos del proceso para asegurarse de que se está manteniendo un flujo adecuado y constante, lo cual es crucial para la operación eficiente del sistema.¹⁰

Almacenamiento:

- El permeado, o agua desalinizada, se almacena en un tanque de polietileno de alta densidad (HDPE) de 500 litros. El tanque tiene una entrada de 15" One Top, lo que facilita la entrada de agua, la instalación de válvulas de control y la dosificación de productos químicos postratamientosi es necesario.¹⁰

Un ejemplo de un esquema general del proceso de desalinización llevado a cabo por las plantas desalinizadora se encuentra en la siguiente imagen:

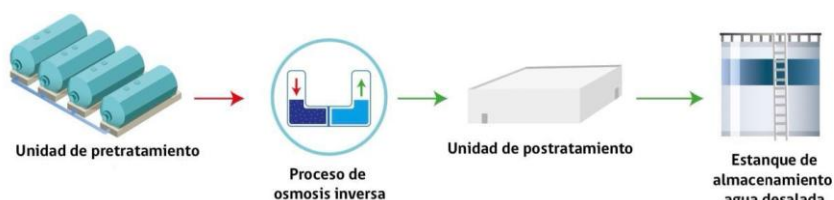


Figura N° 3: Esquema general de un proceso de desalinización de agua de mar mediante osmosis inversa.

Fuente: Guía para la descripción de proyectos de plantas desalinizadoras en el SEIA.¹⁰

3.9 Relación de la planta con la comunidad

El 26 de junio de 2024, se realizó una visita de campo a la comunidad de la Isla Madre Sal con el propósito de investigar la relación entre los habitantes y la planta desalinizadora instalada en la isla en 2022. Durante esta visita, se realizó una encuesta a varias familias de la comunidad (ver anexo 1), quienes expresaron su creciente inconformidad hacia el servicio brindado por la planta desalinizadora. A pesar de las expectativas iniciales, la planta ha enfrentado problemas significativos en la provisión de agua potable de calidad y en la regularidad de su servicio.

Los residentes manifestaron que el agua producida por la planta desalinizadora durante los primeros 6 meses de funcionamiento no presentaba ningún problema en su consumo habitual, pero con el pasar del tiempo y la ausencia de lluvias la calidad del agua producida por la planta se vio afectada drásticamente, incumpliendo con los requisitos de calidad para el consumo humano. En repetidas ocasiones, han detectado sabores extraños y turbidez en el agua, lo que ha generado desconfianza y preocupación por posibles riesgos a la salud.

Como resultado de estas deficiencias, muchos habitantes han optado por utilizar métodos alternativos para satisfacer sus necesidades de agua potable. Uno de los métodos más comunes es el uso de pozos conocidos como "punteras," que, aunque proporcionan agua, no siempre garantizan la pureza necesaria para el consumo seguro. Además, las familias que pueden permitírselo han recurrido a la compra de agua embotellada, lo que representa un gasto económico significativo y una carga adicional para su ya limitado presupuesto.

3.9.1 Resultados y análisis de encuestas a familias de la comunidad

El análisis de los resultados de la encuesta realizada a los habitantes de la comunidad de la Isla Madre Sal revela una serie de patrones y preocupaciones significativas sobre el conocimiento, el acceso y la calidad del agua potable en la isla. A continuación, se desglosan los hallazgos más relevantes:

Conocimiento sobre la planta desalinizadora y el proceso de desalinización

- Conocimiento de la planta desalinizadora: La mayoría de los encuestados (59%) conoce sobre la existencia de la planta desalinizadora en la Isla Madre Sal, lo que indica un alto

grado de familiaridad con esta instalación en la comunidad. Sin embargo, un menor porcentaje de personas comprende realmente qué es una planta desalinizadora.

- Entendimiento del proceso de desalinización: Solo 9 de 27 encuestados saben cómo se procesa el agua de mar para extraer la sal, lo que evidencia una falta de educación o información accesible sobre el funcionamiento y los beneficios potenciales de la planta.

Acceso al servicio de agua potable

- Disponibilidad de agua potable: Aunque 21 de las 27 familias encuestadas afirman contar con servicio de agua potable en sus hogares, esto no garantiza la calidad ni la aceptación del agua provista, como se verá en los resultados sobre las características del agua.
- Métodos de abastecimiento de agua: A pesar de tener acceso a agua potable en sus casas, la mayoría de las familias (50%) se abastecen de agua a través de pozos (punteras), y 12 de ellas prefieren el agua embotellada o en bolsas, lo que sugiere desconfianza o insatisfacción con el agua provista a través del sistema de chorro.

Calidad percibida del agua

- Características del agua consumida: Los resultados muestran que el agua consumida tiene varios problemas percibidos. El sabor a cloro y el sabor a sal son las características más mencionadas, lo que podría indicar un proceso de desalinización o tratamiento químico inadecuado. Además, 4 familias reportan olores en el agua, lo que podría sugerir problemas de calidad.

Consumo y efectos en la salud

- Frecuencia de consumo de agua: La mayoría de los encuestados tiene un consumo medio de agua (5-8 vasos diarios), lo que sugiere que, a pesar de los problemas de calidad percibidos, las personas siguen consumiendo agua regularmente. Un grupo significativo (7 de 27) reporta un consumo alto.
- Problemas de salud asociados al consumo de agua: Aunque 15 de las 27 familias no reportan síntomas o enfermedades tras consumir agua, una cantidad no despreciable ha

experimentado problemas de salud. Estos síntomas podrían estar asociados con la calidad del agua, particularmente con la presencia de cloro o sal en el agua consumida.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

El producto final es un video documental de 30 minutos donde se expone la información recopilada sobre la planta desalinizadora ubicada en la Isla Madre Sal en Puerto El Triunfo, Usulután, El Salvador, inaugurada en el año 2022 con el fin de solventar la problemática de escasez de agua potable por la que atraviesa la isla, además de relatar los testimonios de los habitantes de la comunidad, con el objetivo de explicar en qué consiste el proceso de desalinización que se realiza en la planta y cómo estas tecnologías pueden ayudar a solventar el problema de escasez de agua potable por el que atraviesan comunidades con situaciones similares.

Enlace de video documental: <https://www.youtube.com/watch?v=-ULYaDs91aA>

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES.

1. La construcción de la planta desalinizadora Madresal es un proyecto de cooperación que fue factible y demostró en los primeros meses un buen funcionamiento, no se presentaron problemas y los habitantes notaron una buena calidad de agua proveniente de la planta, sin embargo, estos beneficios no fueron duraderos por lo que los pobladores dejaron de utilizar dicha agua para su uso diario.
2. Una planta desalinizadora que utiliza un sistema ósmosis inversa requiere un constante mantenimiento y alta inversión de capital para poder ser sostenible a largo plazo.
3. El proceso de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa, es una técnica factible para combatir la escasez de agua potable en zonas sin fuentes de agua dulce.
4. Los problemas operativos de la planta, resaltaron la necesidad de mejorar la tecnología, la gestión y la comunicación en proyectos futuros para garantizar su sostenibilidad y aceptación social.
5. La falta de información adecuada y accesible sobre el funcionamiento y beneficios de la planta desalinizadora contribuyó a la desconfianza y la baja aceptación de la tecnología por parte de la población local.
6. La comunidad de la Isla Madre Sal opta por métodos alternativos, como el uso de pozos (punteras) y la compra de agua embotellada, debido a la percepción de deficiencias en la calidad del agua desalinizada, incrementando así sus costos de vida.

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. A la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), supervisar periódicamente el mantenimiento de este tipo de proyectos y hacer monitoreos periódicos de la calidad del agua, para asegurar su funcionamiento de una manera sostenible a largo plazo y a la vez que el agua posea la calidad óptima para consumo humano.
2. A la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) y el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), realizar estudios que ayuden a implementar proyectos sustentables sobre el uso de plantas desalinizadoras en comunidades que pueden sufrir problemáticas similares a la Isla Madre Sal.
3. A las comunidades de zonas costeras e islas con difícil acceso a agua para consumo humano, buscar apoyo y asesoramiento con entidades de gobierno con la finalidad de evaluar la construcción de plantas desalinizadoras para solventar la necesidad de agua potable.
4. A la Facultad de Química y Farmacia, emplear los trabajos de graduación de estudiantes como recursos didácticos. Estos trabajos pueden servir de base para discusiones en clase e inspiración para futuros proyectos de investigación, enriqueciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agua.org.mx. En el planeta [Internet]. Agua.org.mx; 2024 [citado 2024 jun 11]. Disponible en: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
2. Lee RJV. La desalinización como una alternativa de abastecimiento de agua en las ciudades de Tijuana y Playas de Rosarito, un análisis de capacidad institucional [Tesis de maestría]. El Colegio de la Frontera Norte; 2020. [citado el 15 de mayo 2024].Pag 21-24. Disponible en: TESIS-Vázquez-Lee-Rita-Janitzia-MAGIA.pdf
3. Fundación Aquae. Desalinización en el mundo [Internet]. Fundación Aquae; 2023. [citado el 15 de mayo 2024]. Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/desalinizacion-en-el-mundo/>
4. Guerrero Altuzarra DA, Barrera Rodríguez CA. Estudio de viabilidad técnico-económica para la implementación de una planta desalinizadora en la Guajira [trabajo de grado en Internet]. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América; 2018 [citado el 20 de mayo 2024]. Pag. 88-107. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7141/1/159039-2018-I-GA>.
5. WaterStation. Ósmosis inversa: ventajas y desventajas [Internet]. WaterStation; c2023 [citado el 4 de junio 2024]. Disponible en: <https://waterstation.mx/agua-y-salud/osmosis-inversa-ventajas-y-desventajas/>
6. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Inauguración Planta Desalinizadora Madresal. <https://www.anda.gob.sv/inauguracion-planta-desalinizadora-madresal/>. Publicado el 12 de julio de 2022. Acceso: 25 de agosto de 2024.
7. Pretratamiento de desalinización: cloración de agua de mar [Internet]. Lenntech.com. [citado el 13 de junio 2024]. Disponible en: <https://www.lenntech.com/processes/desalination/pretreatment/pretreatment/seawater-chlorination.htm>

8. Ficha técnica filtro multimedia Simtech [Internet]. [consultado el 15 junio de 2024]. Disponible en: <https://simtech.cl/wp-content/uploads/2023/03/filtro-multimedia.pdf>
9. Distribuidora de Químicos Industriales S.A. Ficha técnica: Metabisulfito de sodio. Publicado el 12 de diciembre de 2020. Acceso: 20 de junio de 2024. <https://dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/METABISULFITO-DE-SODIO-TECNICO.pdf>.
10. Servicio de Evaluación Ambiental. Guía para la descripción de proyectos de plantas desalinizadoras en el SEIA. 1ª ed. Santiago: Servicio de Evaluación Ambiental; 2023. Acceso el 23 de agosto 2024

ANEXOS

ANEXO N°1: ENCUESTA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



ENCUESTA DE VALORACIÓN

Edad:

Sexo:

Marque con **X** el cuadro de su respuesta según cada pregunta, solo marcar un literal por pregunta.

1. ¿Sabe qué es una planta desalinizadora?

☐ SI

☐ NO

2. ¿Conoce sobre la existencia de la planta desalinizadora en la isla Madre Sal?

☐ SI

☐ NO

3. ¿Sabe cómo se procesa el agua de mar para extraer la sal y que sea útil?

☐ SI

☐ NO

4. ¿Cuenta con servicio de agua potable en su casa?

☐ SI

☐ NO

5. ¿Cuál es su forma de abastecimiento de agua para consumo?

Chorro ☐

Pozo ☐

Compra de garrafa o botellas ☐

Cisterna ☐

6. ¿El agua que consume presenta alguna de estas características? (puede marcar más de una)

Suciedad ☐

Olor ☐

Traslucida ☐

Color ☐

Sabor a cloro ☐

Sabor a sal ☐

7. ¿Con qué frecuencia toma agua durante el día?

Baja (menos de 4 vasos) ☐

Media (de 5 a 8 vasos) ☐

Alta (más de 8 vasos) ☐

8. ¿A presentado algunos de estos síntomas o enfermedades frecuentemente después de consumir agua? (puede marcar más de una)

Dolor de estómago ☐

Diarrea ☐

Infección urinaria ☐

Dolor de cabeza ☐

Insuficiencia renal ☐

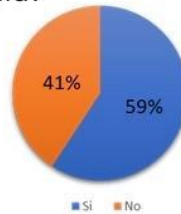
Otros: _____

ANEXO N°2: RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Encuesta realizada a 27 familias

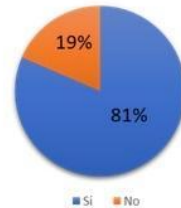
1. ¿Sabe qué es una planta desalinizadora?

Si	16
No	11



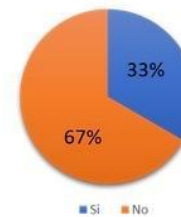
2. ¿Conoce sobre la existencia de la planta desalinizadora en la isla Madre Sal?

Si	22
No	5



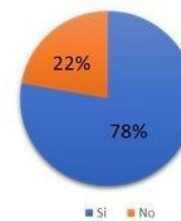
3. ¿Sabe cómo se procesa el agua de mar para extraer la sal y que sea útil?

Si	9
No	18



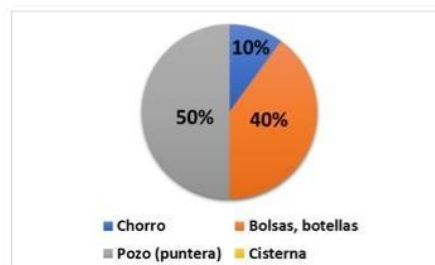
4. ¿Cuenta con servicio de agua potable en su casa?

Si	21
No	6



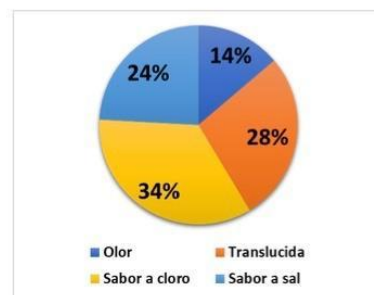
5. ¿Cuál es su forma de abastecimiento de agua para consumo?

Chorro	3
Bolsas, botellas	12
Pozo (puntera)	15
Cisterna	0



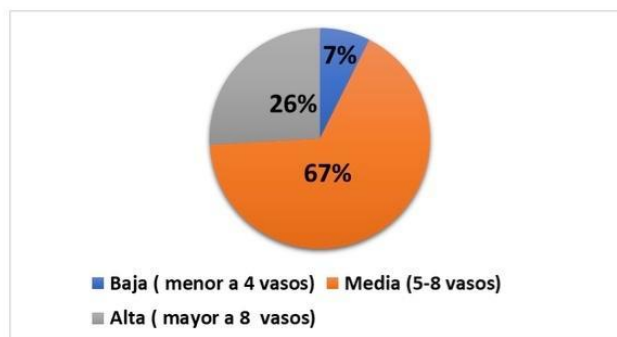
6. ¿El agua que consume presenta alguna de estas características? (puede marcar más de una)

Olor	4
Translúcida	8
Color	0
Sabor a cloro	10
Sabor a sal	7



7. ¿Con qué frecuencia toma agua durante el día?

Baja (menor a 4 vasos)	2
Media (5-8 vasos)	18
Alta (mayor a 8 vasos)	7



8. ¿Ha presentado algunos de estos síntomas o enfermedades frecuentemente después de consumir agua? (puede marcar más de una)

Dolor de estomago	7
Dolor de cabeza	4
Infección urinaria	0
Insuficiencia renal	1
Ninguno	15

