



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**"DESALINIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS DE SANTA ROSA
PROVINCIA DE SANTA ELENA, MEDIANTE EL MÉTODO (SOLAR
STILL) PARA EL APROVECHAMIENTO EN ACTIVIDADES
DOMÉSTICAS".**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTOR
GRANJA CASTRO ELIZABETH LISSETTE**

**TUTOR
ING. DIEGO MUÑOZ NARANJO, M.SC.**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Muñoz Naranjo Diego**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación "**DESALINIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS DE SANTA ROSA PROVINCIA DE SANTA ELENA, MEDIANTE EL MÉTODO (SOLAR STILL) PARA EL APROVECHAMIENTO EN ACTIVIDADES DOMÉSTICAS**", realizado por la estudiante **GRANJA CASTRO ELIZABETH LISSETTE**, con cédula de identidad **N°0927085928** de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Muñoz Naranja Diego, M. Sc.

Guayaquil, 11 de agosto del 2020.



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: **"DESALINIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS DE SANTA ROSA PROVINCIA DE SANTA ELENA, MEDIANTE EL MÉTODO (SOLAR STILL) PARA EL APROVECHAMIENTO EN ACTIVIDADES DOMÉSTICAS"**, realizado por la estudiante **GRANJA CASTRO ELIZABETH LISSETTE**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente.

.....
Ing. Carlos Banchón Bajaña, M. Sc.
PRESIDENTE

.....
Dra. Emma Jácome Murillo, M. Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

.....
Ing. Diego Muñoz Naranjo, M. Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 11 de agosto del 2020.

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi más grande orgullo, a mi inspiración, el ser que más amo, mi abuela materna, Marlene Cruz, porque madre no es sola la que engendra sino la que cría, gracias por ser ese ser de luz que ha estado conmigo a lo largo de estos 26 años, guiándome por el camino de la vida, moldeándome con amor y aconsejándome con sabiduría, formándome con reglas y con algunas libertades, pero siempre motivándome y apoyándome constantemente para alcanzar mis anhelos

Tu afecto, amor, entrega, perseverancia y cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y de mis ganas de querer buscar lo mejor, porque si hay alguien por quien lucharé inagotablemente es por ti.

Mamita, tus esfuerzos son impresionantes y tu amor es para mí invaluable.
Te amo y te admiro tanto.

Agradecimiento

¿Cómo agradecer cuando hay tantas personas a las que se les debe algo?

Empezaré expresando mi gratitud con Dios, por las bendiciones que me ha otorgado y por permitirme culminar la primera etapa de muchos logros que están por venir, a toda mi familia por el apoyo incondicional durante todo este proceso, por extenderme su mano en momentos difíciles y no permitírseme decaer.

Pero sobre todo a quienes merecen un reconocimiento especial, mis padres, Rita Castro y Fidel Granja por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, ya que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria, que a pesar de la distancia han sido padres presentes, que siempre han estado apoyándome, aconsejándome y demostrándome su amor innegable.

A mis tíos Rosa Malo Y Willian Morales quienes son como mis segundos padres y que han sido parte fundamental en mi crianza, muchos de mis logros también se los debo a ustedes entre los que incluye este.

A mi tía la Sra Bertha Cabezas quién ya no está con nosotros, pero me inculcó, la perseverancia, dedicación y entrega que hay que poner en lo que se ama por más difíciles que sean los tiempos.

Amigos, con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas, gracias por el apoyo moral que siempre han estado brindándome, ya que me permitieron permanecer con empeño, dedicación, paciencia y cariño.

De igual forma agradezco a todos los docentes que fueron parte de mi desarrollo profesional, y a mis directores de tesis con quienes conté a lo largo de este proceso; Ing. Mónica Estupiñan, Ing. Gabriela Andrade e Ing. Diego Muñoz.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo, Granja Castro Elizabeth Lissette, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **"DESALINIZACIÓN TÉRMICA DE LAS AGUAS DE SANTA ROSA PROVINCIA DE SANTA ELENA, MEDIANTE EL MÉTODO (SOLAR STILL) PARA EL APROVECHAMIENTO EN ACTIVIDADES DOMÉSTICAS"**, para optar el título de Ingeniera Ambiental, por la presente autorizo a la **UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autor me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 11 de agosto del 2020.

GRANJA CASTRO ELIZABETH LISSETTE
C.I. 0927085928

Índice general

RESUMEN	15
ABSTRACT	17
1. INTRODUCCIÓN	19
1.1. <i>Antecedentes del problema</i>	21
1.2. <i>Planteamiento y formulación del problema</i>	23
1.3. <i>Justificación de la investigación</i>	25
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.4. OBJETIVO GENERAL	30
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
1.6. HIPÓTESIS	30
2. MARCO TEÓRICO	31
2.1. ESTADO DEL ARTE	31
2.2. BASES TEÓRICAS	35
2.2.1. DESALINIZACIÓN	35
<i>Destilación térmica</i>	39
<i>Destilación flash Multietapa (MSF)</i>	39
<i>Destilación multiefecto (MED)</i>	39
<i>Destilación por compresión de vapor (CV)</i>	40
<i>Ósmosis inversa (RO)</i>	40
<i>Electrodialisis (ED)</i>	40
<i>Intercambio de iones (IX)</i>	40
2.3. MARCO LEGAL	41
2.3.1. <i>Constitución de la República del Ecuador (2008)</i>	41
2.3.2. <i>COA (Código Orgánico del Ambiente) 12-04-2007.</i>	41
2.3.3. <i>TITULO IV DE LOS RECURSOS MARINOS</i>	42
2.3.4. <i>Ley de Aguas</i>	42
2.3.5. <i>Acuerdo Ministerial 097 – A. Reformase el Texto Unificado de Legislación Secundaria. Anexo I – Artículo I (2010)</i>	43
2.3.6. <i>Plan Nacional del Buen Vivir</i>	45
2.3.6.1. OBJETIVO SIETE	45
2.3.6.2. NACIONES UNIDAS DERECHOS HUMANOS	45

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.3. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
<i>Tipo de investigación</i>	47
<i>Diseño de investigación</i>	49
3.4. METODOLOGÍA	49
3.4.1. <i>Variables</i>	49
3.4.1.1. <i>Variable independiente</i>	49
3.4.1.2. <i>Variable dependiente</i>	50
3.4.2. <i>Tratamientos.</i>	50
3.4.3. <i>Diseño experimental</i>	51
3.4.4. <i>Recolección de datos</i>	54
3.4.5. <i>Recursos</i>	54
3.4.6. <i>Métodos y técnicas</i>	55
3.4.7. <i>Análisis estadístico</i>	61
3.4.8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	63
4. RESULTADOS.....	64
4.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA MARINO COSTERA PUERTO SANTA ROSA PROVINCIA DE SANTA ELENA, FÍSICO-QUÍMICAS Y MICROBIOLOGÍAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE MAR TOMADAS EN EL MISMO.	64
4.1.1. <i>Características ambientales</i>	64
4.1.2. <i>Características físico-química.</i>	66
4.2.1. <i>Características microbiológicas</i>	69
4.2. VERIFICACIÓN DE MÉTODO DE DESALINIZACIÓN TÉRMICA (SOLAR STIL) CON LA TÉCNICA DE BATEA A LAS MUESTRAS DE AGUA DE MAR MEDIANTE LAS VARIABLES PLANTEADAS.....	69
5. DISCUSIÓN.....	108
6. CONCLUSIONES.....	115
7. RECOMENDACIONES.	117
8. BIBLIOGRAFIA.....	120

Índice de gráficos

Gráfico 1. Punto de toma de muestras de agua de mar zona marino costeras puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena	29
Gráfico 2. Población aledaña de la zona marino costera del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena.	29
Gráfico 3. Procesos de Desalación: Ósmosis Inversa (RO), Electrodiálisis (ED), Flashing en Múltiple Etapa (MSF), Destilación en Múltiple Efecto (MED), Compresión de Vapor (CV).	36
Gráfico 4. Posibles configuraciones de recursos de energía solar con tecnologías de desalinización de agua.	38
Gráfico 5. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.	44
Gráfico 6. Diagrama representativo del destilador solar simple.	56
Gráfico 7. Comportamiento de la radiación respecto a la corriente que demanda el sistema.	70
Gráfico 8. Calendario solar.	70
Gráfico 9. Tasa de recolección, desalinización con muestras de Pleamar 1M.	71
Gráfico 10. Tasa de recolección, desalinización con muestras de Pleamar 2M.	72
Gráfico 11. Tasa de recolección, desalinización con muestras de Bajamar 1M.	73
Gráfico 12. Tasa de recolección, desalinización con muestras de Bajamar 2M.	74
Gráfico 13. Salinidad Pleamar 1m.	75
Gráfico 14. Salinidad Pleamar 2m.	75
Gráfico 15. Salinidad Bajamar 1m.	76
Gráfico 16. Salinidad Bajamar 2m.	76
Gráfico 17. Potencial de hidrógeno pH Pleamar 1m.	77

Gráfico 18. Potencial de hidrógeno pH Pleamar 2m.	78
Gráfico 19. Potencial de hidrógeno pH Bajamar 1m.	79
Gráfico 20. Potencial de hidrógeno pH Bajamar 2m.	79
Gráfico 21. Sólidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 1m.	80
Gráfico 22. Sólidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 2m.	81
Gráfico 23. Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 1m.	82
Gráfico 24. Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 2m.	82
Gráfico 25. Turbidez (NTU) Pleamar 1m.	83
Gráfico 26. Turbidez (NTU) Pleamar 2m.	84
Gráfico 27. Turbidez (NTU) Bajamar 1m.	85
Gráfico 28. Turbidez (NTU) Bajamar 2m.	85
Gráfico 29. Conductividad eléctrica Pleamar 1m.	86
Gráfico 30. Conductividad eléctrica Pleamar 2m.	87
Gráfico 31. Conductividad eléctrica Bajamar 1m.	88
Gráfico 32. Conductividad eléctrica Bajamar 2m.	88
Gráfico 33. Coliformes totales Pleamar 1m.	89
Gráfico 34. Coliformes totales Pleamar 2m.	90
Gráfico 35. Coliformes totales Bajamar 1m.	91
Gráfico 36. Coliformes totales Bajamar 2m.	91
Gráfico 37. Tasa de recolección, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4.	93
Gráfico 38. Tasa de recolección, Ics de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	94
Gráfico 39. Salinidad, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4.	95

Gráfico 40. Salinidad, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	96
Gráfico 41. Potencial de hidrógeno pH, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4	97
Gráfico 42. Potencial de hidrógeno pH, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	98
Gráfico 43. Sólidos totales disueltos SDT, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4	99
Gráfico 44. Sólidos totales disueltos, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	100
Gráfico 45. Turbidez, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4.....	101
Gráfico 46. Turbidez, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	102
Gráfico 47. Conductividad eléctrica, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	104
Gráfico 48. Coliformes totales, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4.....	105
Gráfico 49. Coliformes totales, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	106
Gráfico 50. Comprobación de método de desalinización ante los debidos parámetros.	113

Índice Tabla

Tabla 1. Ranking mundial de los diez países con mayor capacidad para desalar agua.	31
Tabla 2. Muestras a tratar recolectadas en Pleamar a 1 y 2 millas	50
Tabla 3. Muestras a tratar recolectadas en Bajamar a 1 y 2 millas	51
Tabla 4. Colores de la radiación visible	60
Tabla 5. Estado de la marea	64
Tabla 6. Temperatura del agua	65
Tabla 7. Precipitación	65
Tabla 8. Humedad.....	66
Tabla 9. Salinidad.....	67
Tabla 10. Potencial de hidrógeno pH	67
Tabla 11. Sólidos Totales Disueltos	68
Tabla 12. Turbidez	68
Tabla 13. Conductividad Eléctrica	69
Tabla 14. Coliformes Totales.....	69
Tabla 15. Datos promedios de recolección de agua desalinizada Pleamar 1milla.71	
Tabla 16. Datos promedios de recolección de agua desalinizada Pleamar 2millas.72	
Tabla 17. Datos promedios de recolección de agua desalinizada Bajamar 1milla.73	
Tabla 18. Datos promedios de recolección de agua desalinizada Bajamar 2millas.73	
Tabla 19. Datos promedios de Salinidad Pleamar 1m y 2m.....	74

Tabla 20. Datos promedios de Salinidad Bajamar 1m y 2m.....	76
Tabla 21. Datos promedios de pH Pleamar 1m y 2m.....	77
Tabla 22. Datos promedios de pH Bajamar 1m y 2m.....	78
Tabla 23. Datos promedios de Sólidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 1m y 2m.80	
Tabla 24. Datos promedios de Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 1m y 2m.81	
Tabla 25. Datos promedios de turbidez Pleamar 1m y 2m.....	83
Tabla 26. Datos promedios de turbidez Bajamar 1m y 2m.....	84
Tabla 27. Datos promedios de conductividad eléctrica Pleamar 1m y 2m	86
Tabla 28. Datos promedios de conductividad electrica Bajamar 1m y 2m	87
Tabla 29. Datos promedios de coliformes totales Pleamar 1m y 2m.....	89
Tabla 30. Datos promedios de coliformes totales Bajamar 1m y 2m.....	90
Tabla 31. Tasa de recolección, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.....	94
Tabla 32. Salinidad, lcs de 95% de indivduales para la media en Des-Est agrupada.....	96
Tabla 33.Potencial de hidrógeno pH, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada	98
Tabla 34.Sólidos totales disueltos, lcs de 95% de indivduales para la media en Des-Est agrupada	100
Tabla 35. Turbidez, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.....	102

Tabla 36. Conductividad eléctrica, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	104
Tabla 37. Coliformes totales, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.	106
Tabla 38. Cumplimiento de límites permisibles.	107

Resumen

La desalinización de agua impulsada por la energía solar representa una solución conveniente para el consumo de agua potable en áreas remotas. Siendo el agua dulce un bien preciado y en muchos lugares del mundo un bien escaso. Solo el 3% del agua existente en la Tierra es dulce, el resto es agua salada. El agotamiento de los acuíferos, el cambio climático o el aumento de la población mundial son algunos de los motivos por los cuales la desalación de agua de mar para obtener agua dulce será fundamental en el futuro.

La salinidad de los mares se encuentra en un rango entre 33000 y 39000 mg/L con algunas excepciones, en zonas geográficas donde se encuentran valores superiores o inferiores a estos. La conversión de un proceso de desalación representa el porcentaje de agua dulce que se obtiene a partir de agua salada, y en este sentido, la mayoría de las instalaciones construidas en los últimos 25 años están diseñadas con una conversión entre el 40 y el 50%

Por lo que esta tesis propone un proceso de desalación de agua de mar en el cual, la conversión sea superior al 60%, y el agua tratada tenga unos valores de salinidad total, conductividad y sales disueltas, inferiores a los máximos permitidos por las Normativas de calidad de agua para consumo humano.

Siendo este proyecto de investigación de desalinización del agua de mar realizado con las muestras tomadas del agua del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena a 1 y 2 millas en pleamar y bajamar, buscando una opción viable ante los escasos de agua dulce para el aprovechamiento en actividades domésticas, también el más favorable en cuanto a los costos y emisiones de gases contaminantes, el diseño experimental fue desarrollado mediante el método (Solar Still) aplicando la técnica de batea que nos permitió solucionar de forma

eficiente el posible coste energético de desalinización, aplicando con éxito la energía renovable (sol).

Para la determinación de la calidad de agua se realizaron 2 tratamientos, siendo estos diferenciados con las muestras recolectadas en pleamar a 1 y 2 millas, y bajamar a 1 y 2 millas, trabajando con el diseño estadístico completamente al azar y la prueba media de Tukey al 5%, siendo la única exigencia que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos, en este caso 3 repeticiones por muestra, el proceso de desalinización se llevó a cabo en el lapso de 4 días por muestra y una vez desalinizadas fueron examinadas mediante los respectivos análisis de laboratorio bajo los siguientes parámetros; salinidad, pH, conductividad eléctrica, turbidez, coliformes fecales y la tasa de recolección, permitiéndonos verificar el cumplimiento de los límites permisibles para agua de consumo humano y doméstico según el Acuerdo Ministerial 097.A, estando todas las muestras debidamente desalinizadas dentro del rango de confiabilidad y obteniendo la mayor tasa de recolección de agua desalinizada con 2.4 litros en días soleados y 1.4 litros en días con sombra.

Palabras claves: desalinización, salinidad, potencial de hidrogeno pH, sólidos totales disueltos, turbidez, conductividad eléctrica, coliformes fecales.

Abstract

Solar powered water desalination represents a convenient solution for drinking water consumption in remote areas. Fresh water is a precious commodity and in many parts of the world a scarce commodity. Only 3% of the water on Earth is fresh, the rest is salt water. The depletion of aquifers, climate change or the increase in the world's population are some of the reasons why the desalination of seawater to obtain fresh water will be essential in the future.

The salinity of the seas is in a range between 33000 and 39000 mg/L with some exceptions, in geographical areas where values are higher or lower than these. The conversion of a desalination process represents the percentage of fresh water obtained from salt water, and in this sense, most of the facilities built in the last 25 years are designed with a conversion between 40 and 50%.

Therefore, this thesis proposes a seawater desalination process in which the conversion is greater than 60%, and the treated water has total salinity, conductivity and dissolved salts values that are lower than the maximums permitted by the Water Quality Regulations for human consumption.

Being this research project of seawater desalination carried out with the samples taken from the water of the port Santa Rosa Province of Santa Elena at 1 and 2 miles at high and low tide, seeking a viable option to the shortage of fresh water for use in domestic activities, also the most favorable in terms of costs and emissions of pollutant gases, the experimental design was developed by the method (Solar Still) applying the technique of trough that allowed us to solve efficiently the possible energy cost of desalination, successfully applying renewable energy (sun).

To determine the quality of water were made 2 treatments, these being differentiated with the samples collected at high tide at 1 and 2 miles, and low tide at 1 and 2 miles, working with the statistical design completely random and the average test of Tukey at 5%, the only requirement that the number of repetitions is constant in all treatments, in this case 3 repetitions per sample, the desalination process was carried out within 4 days per sample and once desalinated were examined by the respective laboratory analysis under the following parameters; salinity, Ph, electrical conductivity, turbidity, fecal coliforms and the collection rate, allowing us to verify compliance with the permissible limits for water for human and domestic consumption according to Ministerial Agreement 097. A, with all samples duly desalinated within the reliability range and obtaining the highest rate of collection of desalinated water with 2.4 liters on sunny days and 1.4 liters on shady days.

Keywords: desalination, salinity, hydrogen pH potential, total dissolved solids, turbidity, electrical conductivity, fecal coliforms

1. Introducción

La superficie de la tierra está cubierta aproximadamente por el 71% de agua, y el 29% restante es masa continental. La gran mayoría del agua de la superficie terrestre es agua salada en un 96.5% y se distribuye en los océanos, mientras que el restante 3.5% es agua dulce que se encuentra a nivel superficial, pero casi toda congelada en los polos y en los glaciares. El agua congelada representa el 69.7% del agua dulce, el agua subterránea el 30% y en los ríos y lagos solamente encontramos el 0.3% de agua dulce, toda esa agua se encuentra en esta "pequeña" esfera llamada planeta Tierra de 12 757 kilómetros de diámetro (Prakash, 2004; Rivas-Perez et al., 2014a).

Siendo el agua un elemento básico para la vida para millones de personas en todo el mundo es un recurso escaso, se lucha diariamente para optimizar el consumo de agua y para atender las necesidades básicas. Los desastres naturales relacionados con el agua como son las tormentas tropicales, inundaciones y los tsunamis, cobran un alto precio en vida y sufrimiento humano. Y con demasiada periodicidad solo la sequía asola a algunos de los países más pobres del mundo agudizando el hambre y la desnutrición (Rivas-Perez et al., 2014b).

A nivel mundial, se dispone de 12500 a 14000 millones de metros cúbicos de agua dulce por año para consumo humano. Esto representa unos 9000 metros cúbicos por persona al año, según se estimó en 1989. Se proyecta que para el año 2025 la disponibilidad global de agua per cápita descenderá a 5100 metros cúbicos por persona al año, al sumarse otros 2000 millones de habitantes a la población actual del mundo (Gambier, 2011).

El consumo de agua per-cápita aumenta debido a la mejora de los niveles de vida, la población crece y en consecuencia el porcentaje de agua objeto de apropiación se eleva, si se suman las variaciones espaciales y temporales de agua disponible, se puede decir que la cantidad de agua existente para todos sus usos comienza a disminuir de forma considerable y ellos nos lleva a una crisis del agua, teniendo en cuenta que las principales utilidades de agua dulce mediante la intervención del hombre son para; agricultura, ganadería, fuente de energía, consumo humano, etc.

Por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación y a consecuencia de ello la falta de agua potable, causando la muerte de 4500 niños por día, en su mayoría pertenecientes a los países en desarrollo. Se trata de una crisis de gestión de los recursos hídricos, esencialmente causada por la utilización de métodos inadecuados (Cipollina A et al, 2009).

Ante este panorama, la necesidad de generar estrategias para fomentar la conciencia del uso y la conservación del agua, se vuelve prioritaria y común para todos los seres humanos, constituyéndose una magnífica oportunidad de apreciar mucho más los valiosos servicios presentes en los ecosistemas relacionados con el agua, generalmente cuando se trata del recurso hídrico se da por sentado que es únicamente al agua dulce que posee nuestro planeta, manteniendo al margen la cantidad relevante y de gran importancia que se posee de agua de mar. Hay que entender que el hecho de tener el agua de mar en un puesto tan relegado en la escala de las aguas de las cuales se hace uso, viene dado por una serie de perjuicios mal concebidos que se tiene con respecto al más abundante recurso y el cual no se provecha en su totalidad; que no se puede usar sin tratar, que no se

puede beber, que no sirve para hacer uso del mismo en la agricultura ganadería y para satisfacer las necesidades básicas, no dándole importancia, el valor que posee, la infinidad de usos y propiedades significativas del agua de mar. Mucho más en esta época en la que es impredecible innovar, buscando alternativas que hagan posible la administración y uso integral de este recurso natural siendo el más abundante en el planeta el agua de mar (Siemens Energy&Automation, Inc. 2007).

La importancia de este documento es dar a conocer disyuntivas que se pueden obtener mediante el consumo del agua de mar ante la insuficiencia que actualmente se enfrenta con el recurso de agua dulce. Mediante la desalinización térmica se permitirá hacer uso de este recurso haciendo provecho de las tantas alternativas que otorga el agua de mar por las propiedades, beneficios y uso integral que brinda para ahorrar agua dulce en las costas, haciendo uso del mismo en las necesidades básicas humanas, administrando el agua de mar de modo responsable para asegurar un desarrollo.

1.1. Antecedentes del problema

La desalinización de agua de mar para su transformación a agua dulce ha tenido una evolución enorme en los últimos 50 años, de manera que las tecnologías predominantes han ido cambiando hasta llegar a actuales épocas (Alatiqi, 1989).

Entre los años 1960 y 1980, se comenzaron a introducir las técnicas de desalinización de agua por destilación flash multietapa (MSF), destilación multiefecto (MED) y destilación por compresión de vapor (CV). Estas técnicas se centran en evaporar el agua de mar para separar el agua dulce de la sal, lo que ocasiona un alto consumo de energía y, por lo tanto, un alto consumo de

producción de agua. Es así que entre los años 1980 y 1999, se introdujo el desarrollo de la técnica de desalinización de agua por ósmosis inversa (RO), con la cual se redujo el costo de producción de agua desalinizada (Alatiqui et al, 1999).

Extraer la sal del agua para convertirla en agua potable es un proceso muy costoso; sin embargo, en algunos países la necesidad justifica el enorme consumo energético de las técnicas de desalinización, existiendo miles de plantas desalinizadoras en el mundo siendo los Emiratos Árabes, España y Estados Unidos las principales naciones que se valen de esta tecnología para obtener agua dulce del mar (Rivas-Pérez et al., 1994).

Las escasas provisiones de agua dulce a futuro indican que la desalinización de agua de mar seguirá en aumento, más aún cuando hay estudios como los publicados por la Universidad de California, Irvine (UCI) y la NASA, basados en medidas por satélite y en datos de acuíferos estudiados entre 2003 y 2013, indican que un tercio de las aguas subterráneas de la Tierra están siendo agotados rápidamente por el consumo humano. El cambio climático y el crecimiento de la población previsiblemente, reducirán más aun estas reservas (Rossemount, 2014).

Ante la realidad que se enfrenta por los principales problemas de disponibilidad de agua dulce, hay la necesidad de crear alternativas que aseguren el uso sostenible de los recursos hídricos para las generaciones venideras, teniendo como principal fuente al recurso más abundante del planeta como lo es el uso integral del agua de mar, aplicado de manera general en las necesidades básicas del ser humano, la idea es transferir los conocimientos necesarios, para tener la disponibilidad de evaluar el sistema y sumar otra alternativa productiva a

sus tradicionales labores ligadas al océano. Siendo el agua de mar el mayor nutriente alcalino y biodisponible que existe en el planeta.

Según la Asociación Internacional de Desalinización (AID), Chile fue un país pionero en el empleo de la desalinización en todas las formas a partir del Siglo XIX. De hecho, en la Guerra del Pacífico el Ejército Chileno ocupó las llamadas “resecadoras” para abastecer a sus tropas de agua potable. Mientras que otras formas de obtener agua limpia fue una planta de destilación solar de una explotación minera: las Salinas de Chile (Handbury, Hodgkiess y Morris, 1993), en donde se logró realizar el proceso de purificación del agua. Su rendimiento era ínfimo (20 m³ producidos en una extensión de 4000 m²), pero era la primera forma de obtener agua dulce para el abastecimiento de la población minera en un lugar remoto y árido, como lo es el norte de Chile.

Tras el devastador terremoto ocurrido en Ecuador en abril del 2016 Jhoselyn Mendoza y Kalem García, de 22 y 23 años, ecuatorianas graduadas de Ingenieras Agrónomas en la Universidad Earth de Costa Rica, a través de noticias difundidas por internet identificaron que uno de los principales problemas para los afectados de Manabí y Esmeraldas era la falta de agua para consumo, creando el proyecto YakuThani (‘agua sana’ en quechua). El proyecto abarcó dos procesos. La desalinización y la gasificación. Esta última es la energía que se usa para evaporar y obtener agua destilada, el agua hierve, se atrapa el vapor que se condensa y se obtiene ya el agua libre de sal (Mendoza y García 2017).

1.2. Planteamiento y formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del problema

El recurso agua se ve reducida en un nivel superior debido a la contaminación. Aproximadamente 2 millones de toneladas de desechos son arrojados

diariamente en aguas receptoras, incluyendo vertidos humanos y desechos agrícolas (fertilizantes y pesticidas) deforestación, derrames de petróleo, aumento de temperaturas, residuos industriales y químicos. Aunque los datos confiables sobre la extensión y gravedad de la contaminación son incompletos se estima que la producción global de aguas residuales es de aproximadamente 1500 km³. Si un litro de agua residual contamina aproximadamente 8 litros de agua dulce; la carga mundial de contaminación puede ascender actualmente a 12000 km³. Como siempre, las poblaciones más pobres resultan ser las más afectadas, con un 50% de habitantes de los países en desarrollo expuestos a fuentes de agua contaminada (Soto y Soto, 2013).

Uno de los principales problemas que trae como consecuencia el cambio climático son las sequías. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella cuya “composición que ha sido modificada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural” (OMS, 2014).

En la actualidad se enfrentaría un gran reto; la contaminación de una de las fuentes vitales de mayor importancia, debido al agotamiento de uno de los recursos naturales que en menor proporción se encuentra en el planeta como lo es el agua dulce, siendo esta una de las más grandes preocupaciones, puesto a que sin agua de buena calidad es imposible garantizar el bienestar del ambiente, de la especie humana, animales y plantas (Abbas, 2005).

La falta de agua potable presenta graves consecuencias para la salud del planeta en general, debido a la intervención humana. Para ello es esencial hacer un uso responsable de este recurso, emprendiendo medidas encaminadas al aprovechamiento de alternativas como lo es la del agua de mar direccionada a

satisfacer las necesidades humanas básicas, aunque parezca un hito inalcanzable aplicarlo, siendo la agricultura una de las principales causas que ha llevado a sobreexplotar los recursos hídricos superficiales y subterráneos, creando un impacto negativo en el ambiente, dado que el exceso de extracción está provocando que los niveles freáticos de agua dulce estén descendiendo a un ritmo alarmante; por ello la necesidad de aplicar el uso de agua de mar de manera general, otorgando con ello mejoras en producción, mejor administración en el recurso, para de esta manera incrementar la eficiencia del uso del agua a nivel general (Salazar y Rojano, 2014).

1.2.2. Formulación del problema

¿La desalinización térmica (Solar Still) del agua de mar es una alternativa de soporte que conlleve a mitigar la escasez del recurso hídrico, para consumo humano exclusivamente en el uso doméstico?

1.3. Justificación de la investigación

Este estudio está realizado ante la necesidad de emplear nuevas metodologías o técnicas del aprovechamiento integral del agua de mar.

Uno de los retos más importantes del presente siglo es combatir la escasez del agua, siendo el agua potable un recurso limitado, tanto en su calidad como en su cantidad (Alatiqi, 1999).

Siendo la carestía del agua dulce, una cuestión mundial que afecta a todos, acarrear con su escasez ha ido presentando algunas principales consecuencias como; la malnutrición infantil, pérdida de cosechas y la inseguridad alimentaria.

Ante estas penurias se han obtenido diversas alternativas productivas a nivel mundial respecto al recurso hídrico, desarrollando nuevas tecnologías contando con las grandes reservas de agua de mar, mediante el proceso de desalinización.

Muchos países con zonas marino costeras obtienen agua potable en abundancia, pero se trata de un método que además tiene algunos inconvenientes como también resulta costoso por el consumo de energía requerida, siendo las energías renovables quienes pueden contribuir a solucionar esta situación (Robertson et al, 1996).

Este trabajo de titulación va enmarcado a dar una respuesta ante este reto, pero de manera sostenible, siendo la escasez del agua potable hoy en día una necesidad básica, es un claro ejemplo. Para abastecer a la población de agua potable o disponer de agua para el riego de los cultivos. Algunos países, como es el caso de los desérticos, deben recurrir a la desalinización, es el caso de Arabia Saudita, Estados Unidos, Argelia, China o España (Soto, 2013). Pero este proceso que elimina la sal y otros minerales del agua de mar, la convierte en agua potable tiene sus pros y sus contras.

Los beneficios son claros: disponer de agua potable en aquellos lugares donde existe escasez, pero, por el lado de los inconvenientes, se trata de un proceso que necesita de mucha energía y por tanto es costoso. Además, las plantas desoladoras producen un impacto en los ecosistemas marinos que es preciso valorar. Para solucionar de la forma más eficiente el posible coste energético de la desalinización, se empezarán a aplicar con éxito las energías renovables (Gambier et al., 2007).

Planteando como medida la utilización de la energía solar, mediante la desalinización, siendo este proceso el que permite, de una parte, disminuir los costes y, de otra, reducir las emisiones de gases contaminantes, ya que la mayoría de las plantas de desalinización emplean combustibles fósiles como energía.

La agencia nacional de investigación de Arabia Saudí, la KACST, en sus siglas en inglés, está construyendo la mayor planta mundial de desalinización mediante energía solar en la ciudad de Al-Khafji (KACST, 2010)

De esta manera se ha proyectado hacia la gestión integrada del agua de mar mediante la incorporación de una alternativa (desalinizador solar) para el uso o consumo de dicho recurso, enfocado en satisfacer las necesidades humanas básicas para el control del mismo, ante el deterioro y pérdida de este recurso vital.

Siendo mediante la desalinización térmica un método mediante el cual se pueda obtener una de las mejores alternativas en beneficios, donde la separación de sal y el agua se produce a través de la evaporación y condensación (paso de gas a líquido de la sustancia), así como el uso y aprovechamiento de una de las energías renovables como lo es el sol (radiación solar) (IDA, 2017)

Delimitación de la investigación

- **Espacio:** Zona marino costera del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena – Ecuador ubicado bajo las siguientes coordenadas:

Coordenadas geográficas de Santa Rosa, cantón Salinas, Ecuador, en grados decimales:

- Longitud: -78.1333300
- Latitud: 0.5500000

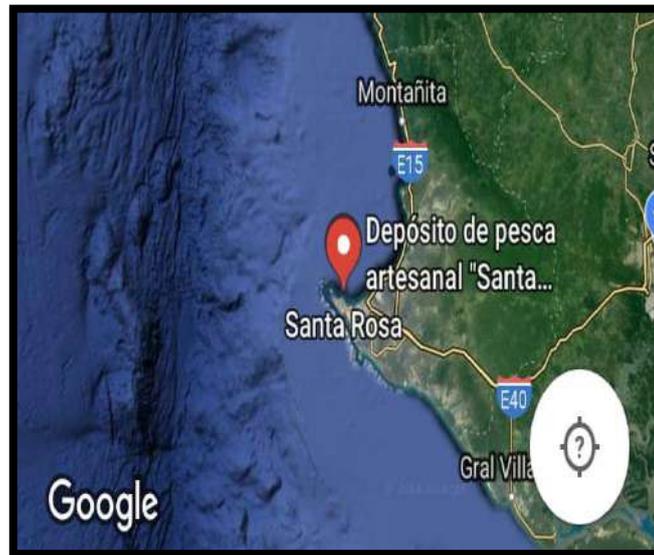
Coordenadas geográficas de Santa Rosa, cantón Salinas, Ecuador, en grados y minutos decimales:

- Longitud: O78°7'59.99"
- Latitud: N0°33'0"

- **Tiempo:** El presente trabajo de titulación se llevará a cabo en un período de tiempo de 6 meses. Será mediante diferentes recolecciones de muestras de agua de mar, mar adentro en el puerto Santa Rosa provincia de Santa Elena en pleamar y bajamar, se procederá al respetivo diseño experimental de desalinización térmica para uso doméstico en época húmeda, una vez obtenida la desalinización se derivaran las muestras al laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador para los pertinentes análisis, en los cuales se realizarán las evaluaciones y observaciones adecuadas en dos semanas de estudio.
- **Población:** El presente trabajo de titulación va dirigido de manera general a la población aledaña de la zona marino costera del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena que consta con una población de 15000 habitantes aproximadamente enfocando este diseño experimental a un 40% de la población solo para el uso doméstico de la misma, siendo habitual el consumo del agua potable, orientándonos básicamente en las necesidades diarias del ser humano, buscando alternativas ante los escasos de agua dulce para abastecer de una provisión óptima de agua ante las penurias que hoy en día enfrenta el recurso hídrico.

Gráfico 1.

Punto de toma de muestras de agua de mar zona marino costeras puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena

**Gráfico 2.**

Población aledaña de la zona marino costera del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena.



Objetivo general

- Efectuar la desalinización térmica del agua de mar, mediante el método (Solar Still) para la optimización del aprovechamiento del recurso hídrico en actividades domésticas en Santa Rosa.

Objetivos específicos

- Determinar las características ambientales, físico químicas y microbiológicas de la muestra del agua de mar.
- Aplicar el método de desalinización térmica (Solar Still) mediante la técnica de batea a las muestras de agua de mar.
- Determinar la calidad del agua desalinizada mediante el cumplimiento de los límites permisibles para agua de consumo humano y doméstico, según el Acuerdo Ministerial 097-A

Hipótesis

La desalinización térmica mediante el método (Solar Still) con la técnica de batea es una opción viable para aportar un beneficio ante los escasos del agua dulce, también el más favorable con respecto a los costos y emisiones de gases contaminantes que otros métodos de desalinización generan, que permite solucionar de la forma más eficiente el posible coste energético de la desalinización, aplicando con éxito la energía renovable (sol).

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

En este capítulo se mostrarán las distintas tecnologías para la desalinización de agua de mar. Sobre el grado de utilización de cada una de ellas, así como la evolución en los últimos años de las mismas.

Las primeras nociones de cómo quitarle la sal al agua de mar datan desde la antigüedad, en los tiempos de Aristóteles, cuando la desalinización por evaporación se comienza a transformar en un proceso conocido. Aristóteles observando la naturaleza captó los principios físicos para separar el agua y las sales en los que se basan ciertas tecnologías modernas de la desalación que tienen que ver con el evaporar el agua del mar y después condensar el vapor, obteniendo agua dulce en estado líquido (Castillo-García et al., 2008; Rivas-Pérez et al., 2008a, 2008b).

Actualmente más de 150 países en el mundo emplean la desalación de agua de mar para solventar sus necesidades. Entre los países que más utilizan esta tecnología destacan Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, España, Kuwait, Argelia, China, Qatar, Japón y Australia (Soto, 2013, p.22).

Tabla 1.
Ranking mundial de los diez países con mayor capacidad para desalar agua.

Países	Capacidad (m3/día)	Porcentaje de la producción mundial
1. Arabia Saudita	10.598.000	17
2. Emiratos Unidos	8.743.000	14
3. Estados Unidos	8.344.000	14
4. España	5.428.000	9
5. China	2.553.000	4
6. Kuwait	2.390.000	4
7. Qatar	2.049.000	3
8. Argelia	1.826.000	3
9. Australia	1.508.000	2
10. Japón	1.153.000	2

Fuente. Informe: "2008-2009 DesalinationYearbook", elaborado por la Asociación Internacional de Desalación (IDA) y la publicación inglesa Global WaterIntelligence (GWI).

Martins (como se citó en BBC Mundo, 2017) expone que hay cerca de 18.000 plantas desaladoras o desalinizadoras en el mundo, según la Asociación Internacional de Desalinización, IDA, por sus siglas en inglés.

Sin embargo, esas plantas satisfacen sólo entre el 1 y 3% de la necesidad de agua potable a nivel mundial, según confirmó Sanz (como se citó en BBC Mundo, 2017), director de desarrollo estratégico de la compañía francesa Suez Treatment Infrastructure y uno de los directores de IDA.

El gran factor limitante de la desalinización es que requiere grandes cantidades de energía. Y ello explica en parte por qué algunas de las mayores plantas se encuentran en países ricos en recursos energéticos como Arabia Saudita.

Hay dos tipos de métodos de desalinización, explico Sánchez (2017a), profesor del departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada de la Universidad de Alicante.

"Por una parte están los métodos que usan calor que, con diferentes variantes, evaporan el agua y la vuelven a condensar, lo que básicamente consiste en imitar el ciclo natural de evaporación y lluvia".

"El segundo grupo de métodos se basa en membranas que permiten separar el agua de las sales para lo que también necesitan energía normalmente suministrada en forma de energía eléctrica que luego se transforma en energía mecánica", señaló Sánchez (2017b).

El principio de calentar agua de mar para producir vapor que luego se condensa, fue mencionado ya por Aristóteles hace unos 2400 años, cuando describió cómo navegantes usaban ese método de destilación.

Pero fue en el siglo XX que la tecnología avanzó a escala industrial.

La mayor planta desalinizadora del mundo, la de Ras Al-Khair, en Arabia Saudita, usa este mecanismo, denominado método de evaporación térmica.

Pero el 70% de las desaladoras del mundo, incluyendo las de Chile, usan el otro mecanismo, descubierto en la década del 60 y perfeccionado desde entonces, el de hacer pasar el agua de mar por membranas, en un método que se denomina "ósmosis inversa".

En la actualidad se contabilizan unos dos mil millones de personas que no tienen agua potable ("Control climático en invernaderos,"2017). Esto es debido a varias causas como la sequía, la contaminación y la presencia de agua salinas no aptas para consumo humano; el crecimiento de la población mundial y la consecuente disminución de los alimentos, requieren la expansión de la agricultura en zonas áridas.

Las zonas áridas se caracterizan por la escasez de agua y la gran cantidad de energía solar incidente. La presencia de agua salinizada está aumentando a lo largo de nuestra geografía debido a la sobreexplotación de los acuíferos.

La energía solar puede ser en estas zonas la clave para desalinizar el agua para el consumo humano y para su uso en la agricultura.

La utilización de la energía solar para la destilación del agua es una práctica que se viene realizando desde hace mucho tiempo. El primer documento que habla sobre este tema data de 1551 y fue redactado por alquimistas árabes. En 1598, Della Porta describe un sistema de destilación de agua con energía solar. En 1862, Lavoisier experimenta estas técnicas mediante el uso de grandes lentes que concentraran la radiación solar.

En la actualidad en Grecia (“Control climático en invernaderos,”2013) se hallan funcionando varias instalaciones de destiladores solares para el abastecimiento de agua potable.

Según el tipo de construcción y las condiciones climatológicas imperantes, con una superficie media de condensación de 2450 m², pueden obtenerse de 7.5 a 15 m³ de agua potable por día.

En Freeport, el Golfo de México, se obtiene diariamente 4 millones de litros de agua por el procedimiento LTV (Long Tube Vertical Multiple Effect Distillation). Se trata de un sistema de etapas múltiple por un proceso de evaporación progresiva, a una presión constantemente decreciente, garantiza un balance energético relativamente favorable. El agua bombeada del Golfo de México se somete a un total de 12 condensaciones. Un sistema que compite totalmente con este procedimiento es el proceso de distensión de etapas MSF's (Evaporadores De Etapa Flash Múltiples). Por este sistema trabaja una instalación de destilación de diez etapas en San Diego, en la que se producen por día unos 30000 litros de agua dulce.

Los procesos térmicos MSF's (Evaporadores De Etapa Flash Múltiples), MED's (Destilación de Efecto Múltiple) y vapor a compresión proporcionaban la tecnología principal en las plantas desaladoras de agua de mar hasta los años noventa, en cambio a partir de esa fecha, los avances en el conocimiento de la tecnología de ósmosis inversa, la mejora de las membranas y el menor consumo energético provocaron un cambio en la tendencia del proceso de desalación a utilizar, de manera que a partir del año 2000 la capacidad de las plantas desaladoras por ósmosis inversa ya era superior a la capacidad de instalaciones con procesos térmicos (Bennett, 2015).

Hoy en día, los procesos MSF's (Evaporadores De Etapa Flash Múltiples) o MED's (Destilación de Efecto Múltiple) tienen cierta cuota de mercado en países con un precio más económico de la energía como Medio Oriente, o en ampliaciones de plantas existentes con dicha tecnología. Por lo demás, la tecnología de membranas es mayoritaria. Según datos de 2013, la capacidad instalada a nivel mundial con procesos mediante membranas era de 56,1 mil m³ /d frente a los 23,8 mil m³ /d con procesos térmicos (IDA, 2015).

Profundizando un poco más en las diferentes tecnologías, es decir, ósmosis inversa, MSF's (Evaporadores De Etapa Flash Múltiples) o MED's (Destilación de Efecto Múltiple), Electrodiálisis y Nanofiltración, en 2014, la tecnología con más capacidad instalada en el mundo es la ósmosis inversa representando un 65% de dicha capacidad (IDA, 2016).

Zimmermann (como se citó en DW Made for Minds) afirma que la empresa española Abengoa anunció la firma de un contrato con una agencia gubernamental marroquí para construir la planta de desalinización de agua de mar impulsada por energía renovable más grande del mundo.

Abengoa estará a cargo de la ingeniería, construcción, operación y del mantenimiento de la planta durante 27 años. Esta generará 275000 metros cúbicos (m₃) de agua de mar desalinizada al día con el fin de producir 150000 m₃ de agua potable y 125000 m₃ para el riego de unas 13600 hectáreas de tierra agrícola cerca de Agadir, una ciudad en la costa occidental de Marruecos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Desalinización

El proceso de separación de agua o sal, a partir de agua salada, es un proceso termodinámico que requiere de energía. Un proceso ideal de desalinización es considerado como un proceso de separación reversible, en el cual las entradas y

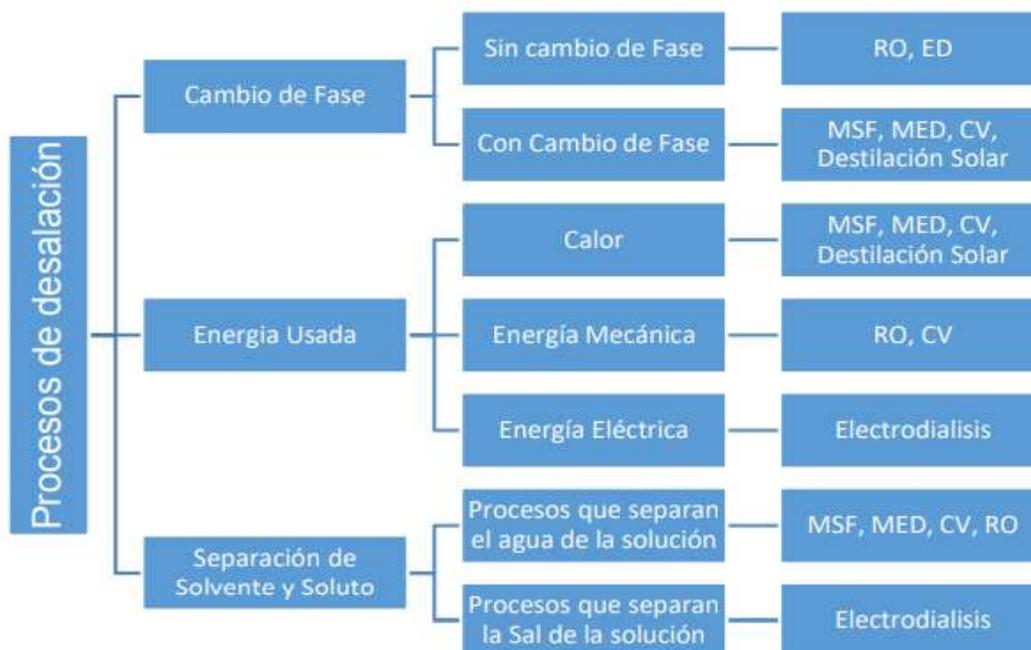
salidas del fluido están en las mismas condiciones de presión y temperatura, a pesar de que el calor y/o trabajo estén siendo aplicados.

El mínimo trabajo necesario para desalar agua con un total de sólidos disueltos de 3500 mg/l, es de alrededor de 0.7 kWh/m³, suponiendo una reversibilidad termodinámica completa. En la práctica, los procesos de desalinización, están lejos de ser reversibles. Ya sea aplicando calor y/o trabajo, como resultado se obtiene en la salida, un fluido con distinta presión y temperatura, en comparación con el fluido de entrada. Sin embargo, las más eficientes tecnologías de desalación, tienen un requerimiento de energía de 4-5 kWh/m³.

Los procesos de desalación pueden ser clasificados con base al cambio de fase, tipo de energía que usa y separación del solvente y soluto. (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2000)

Gráfico 3.

Procesos de Desalación: Ósmosis Inversa (RO), Electrodialisis (ED), Flashing en Múltiple Etapa (MSF), Destilación en Múltiple Efecto (MED), Compresión de Vapor (CV).



(INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2000)

En general, los procesos de desalación, pueden ser clasificados en dos categorías:

a) Los procesos que separan el agua del agua salada:

- Los procesos de destilación
- Los procesos de membrana

b) Los procesos que separan la sal del agua salada:

- Electrodiálisis
- Intercambio iónico

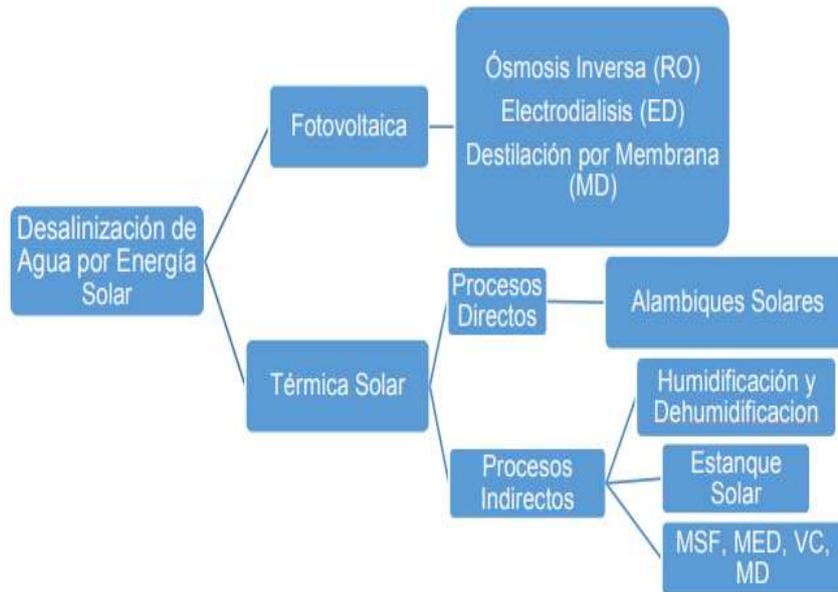
Desalinización de Agua usando Energía Solar

La integración de fuentes de energías renovables como la solar, geotérmica y eólica con sistemas de potabilización, promete ser una solución viable a la escasez de agua potable y al cambio climático. Sin embargo, sólo el 1% del total del agua potabilizada en plantas tratadoras en el mundo se produce con energías renovables. (Isaka, 2012)

Las energías renovables y las energías convencionales se pueden combinar para alimentar plantas potabilizadoras. En cuanto a las aplicaciones con energía solar, la mayoría de los métodos de potabilización según se reporta en la literatura, hacen uso de paneles fotovoltaicos para generación o cogeneración de energía. La experiencia en combinar energía solar térmica con tecnologías de ósmosis inversa es muy limitada. (Rodríguez, 2007)

Gráfico 4.

Posibles configuraciones de recursos de energía solar con tecnologías de desalinización de agua.



(Riffa. 2013)

La desalinización de agua de mar constituye una respuesta prometedora a la escasez de agua mundial. En la actualidad, muchas regiones del planeta presentan un severo problema ante la escasez del recurso hídrico, el cual se va incrementando debido a diversos factores como son el crecimiento poblacional, desarrollo industrial y cambios climáticos (García-Rodríguez and Gómez-Camacho, 2001). Es conocido también que el 98% del agua del planeta se encuentra en los océanos, los mismos son una verdadera e inagotable reserva de agua la cual puede ser aprovechada mediante diversos procesos para obtener agua desalinizada y combatir dicha escasez (Ramillo et al., 2003). Las tecnologías de desalinización de agua de mar se pueden distribuir en cuatro grupos, que son:

- Desalinización térmica
- Osmosis inversa

- Electrodialisis
- Intercambio de iones

Destilación térmica

Las tecnologías de desalinización térmica se basan en calentar el agua salada para producir vapor, el cual es luego condensado para obtener agua de baja salinidad. Dado que la energía utilizada para la evaporación de agua salada no depende del grado de salinidad de la misma, este método es muy apropiado para la desalinización con alto grado de salinidad (Riverol et al., 2005).

Debido a las condiciones climáticas y geográficas, aproximadamente el 75% de plantas de desalinización térmica se encuentran ubicadas en la península Arábiga y la mitad de estas en Arabia Saudita. Dentro de las tecnologías de desalinización térmica, se distinguen tres técnicas principales que son:

- Destilación flash multietapa (MSF).
- Destilación multiefecto (MED).
- Destilación por compresión de vapor (CV).

Destilación flash Multietapa (MSF)

En esta técnica se utilizan varios recipientes de evaporación. Al inicio el agua salada es calentada entre 90 y 115°C para crear vapor de agua, luego este ingresa al primer recipiente de evaporación, el cual tiene una presión ligeramente menor a la de la presión de saturación del vapor, con esto el vapor de agua reduce su presión ocasionando un fenómeno conocido como flasheo. Finalmente, el vapor obtenido, en los recipientes de evaporación, pasa a través de un condensador para obtener el destilado (Voutchkov, 2013).

Destilación multiefecto (MED)

En esta técnica el agua de alimentación no es pre-calentada. El agua es inyectada por medio de pulverizadores sobre un sistema de tuberías, el cual transporta el vapor de agua de alimentación en un ciclo cerrado (Gambier et al., 2007). Esta técnica opera a menores temperaturas que la MSF (62 a 75°C).

Destilación por compresión de vapor (CV)

En esta técnica la fuente de agua es evaporada, y el vapor es transportado a un compresor. Luego, el vapor es comprimido para incrementar su temperatura hasta un punto adecuado para evaporar el agua inyectada sobre un conjunto de tubos. De esta manera el vapor comprimido realiza un intercambio de temperatura con la nueva fuente de agua que ingresa al conjunto de tubos, para ser finalmente condensada (Voutchkov, 2013).

Ósmosis inversa (RO)

Es un proceso en el cual el agua que contiene sales minerales, sólidos suspendidos, sustancias orgánicas e inorgánicas, etc. Es forzada a pasar a través de una membrana semipermeable (se puede definir como semipermeable a una membrana que deja pasar selectivamente el agua y no sus constituyentes) mediante una determinada presión. Con este procedimiento se logra obtener agua con un bajo grado de salinidad (Rathore, 2013).

Electrodiálisis (ED)

Esta técnica se basa en la aplicación de corriente continua al agua de alimentación. Esta corriente transporta a los iones minerales y otros iones con una gran carga eléctrica, contenidos en el agua de alimentación, a través de una membrana selectiva de iones hacia un par de electrodos con carga opuesta (Kim et al., 2008).

Intercambio de iones (IX)

Esta técnica se basa en la remoción de sal del agua de alimentación mediante el proceso de adsorción, la cual se obtiene gracias al uso de una resina selectiva de iones. El elemento principal en este proceso es la carga de iones que posee la resina IX, la cual en forma selectiva atrae o retiene iones de carga opuesta contenidos en la fuente de agua (Astrom et al., 2009).

2.3. Marco legal

El objetivo de las leyes y normas nacionales relativas al agua de consumo no debe ser cerrar los sistemas de abastecimiento deficientes, sino garantizar que el consumidor tenga acceso a agua potable inocua. Idóneamente, un control eficaz de la calidad del agua de consumo se apoya en la existencia y aplicación de leyes, normas y códigos adecuados. La naturaleza específica de la legislación de cada país dependerá de consideraciones de carácter nacional, constitucional y de otro tipo.

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador (2008)

Art. 12 El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. En la sección segunda, Ambiente sano.

Se incluyen los siguientes derechos:

Art. 14 Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el Buen Vivir, SumakKawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

2.3.2. COA (Código Orgánico del Ambiente) 12-04-2007.

LIBRO QUINTO DE LA ZONA MARINO COSTERA TITULO I DISPOSICIONES GENERALES

Art. 262.- De la regulación y responsabilidad del manejo de la zona marino costera. La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en materia de gestión ambiental, regulará las obligaciones especiales aplicables a las actividades públicas o privadas en la zona marino costera, con el fin de lograr la conservación,

restauración, protección y aprovechamiento sostenible de los recursos y biodiversidad marina y costera, armonizando las actividades recreativas, comerciales y de producción con los derechos de la naturaleza. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados, al elaborar los planes de ordenamiento territorial y los modelos de desarrollo, deberán incorporar en su planificación los lineamientos y criterios ambientales, de conformidad con la planificación nacional del espacio marino costero. La Región Insular o Galápagos se rigen por sus normas especiales. Para la conservación, manejo sostenible y protección de la vida silvestre marina, así como para las áreas protegidas marinas, además de lo dispuesto en el presente libro, se observarán las disposiciones contenidas en el presente Código.

2.3.3. TITULO IV DE LOS RECURSOS MARINOS

Art. 276.- Del ecosistema de zonas y comunidades coralinas. La Autoridad Ambiental Nacional regulará las actividades que causen o puedan causar daño al ecosistema de las zonas y comunidades coralinas, arrecifes, y en todas las áreas marinas intermareales y riveras del territorio ecuatoriano, mediante las siguientes prohibiciones: 1. Verter residuos sólidos y líquidos; 2. Extraer y comercializar cualquier tipo de coral con fines comerciales o cualquier uso, exceptuando la recolección de muestras para fines científicos y de investigación debidamente autorizada; 3. Efectuar actividades turísticas sin contar con los permisos y autorizaciones pertinentes; y, 4. Otras establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional.

2.3.4. Ley de Aguas

Se puede indicar los siguientes artículos de la Ley de Aguas, segundo suplemento, RO-305-6-08-204 (2014).

Capítulo II institucionalidad y gestión de los recursos hídricos

Sección Primera

Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua

Art. 15 El beneficiario de un derecho de aprovechamiento de aguas, está obligado a construir las obras de toma, conducción, aprovechamiento y las de medición y control para que discurran únicamente las aguas concedidas.

Art. 16 Son obras de carácter nacional la conservación, preservación e incremento de los recursos hidrológicos.

Art. 21 El usuario de un derecho de aprovechamiento, utilizará las aguas con la mayor eficiencia y economía, debiendo contribuir a la conservación y mantenimiento de las obras e instalaciones de que dispone para su ejercicio.

Art. 22 Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna.

Sección Segunda

Art. 35 Los aprovechamientos de agua están supeditados a la existencia del recurso, a las necesidades de las poblaciones, del fundo o industria y a las prioridades señaladas en esta Ley.

2.3.5. Acuerdo Ministerial 097 – A. Reformase el Texto Unificado de Legislación Secundaria. Anexo I – Artículo I (2010).

Artículo 1.- Expídase el Anexo 1, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua.

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. La presente norma técnica determina o establece:

Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;

1. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
2. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
3. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
4. Permisos de descarga;
5. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;
6. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua.

Grafico 5.

Crterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y dom3stico.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Ars3nico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Qu3mica de Ox3geno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioqu3mica de Ox3geno (5 d3as)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrogeno	Ph	unidades de Ph	6 – 9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petroleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	Unidades nefelometricas de turbiedad	UNT	100
<p>Nota: Podr3n usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en la tabla, siempre y cuando las caracter3sticas de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.</p>			

Figura1. Acuerdo Ministerial 097 – A. Reformase el Texto Unificado de Legislaci3n Secundaria. Anexo I – Art3culo I

2.3.6. Plan Nacional del Buen Vivir

2.3.6.1. Objetivo Siete

Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios, para promover el ahorro y la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía.

Promover investigaciones para el uso y la generación de energías alternativas renovables, bajo parámetros de sustentabilidad en su aprovechamiento.

Elaborar un inventario de fuentes y demanda de energías renovables y no renovables, así como de sus emisiones, incorporando alternativas tecnológicas.

Patrimonio hídrico

El estado ecuatoriano reconoce y garantiza el derecho al agua, fundamentalmente e irrenunciable. El agua constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

El Ecuador tiene una alta disponibilidad hídrica - bordea los 20 700 m³/hab/año - que supera por mucho a la media mundial - de alrededor de 1 700 m³/hab/año. El país tiene dos vertientes hidrográficas: la del Pacífico al occidente del país, y la del Amazonas al oriente. La vertiente del Pacífico cuenta con una dotación estimada de 5 200 m³/hab/año, mientras que la vertiente amazónica presenta una dotación media de 82 900 m³/hab/año.

Lamentablemente, debido a la distribución de la población en el Ecuador, la demanda para los distintos usos del agua es inversamente proporcional: 88% de los habitantes y gran parte de los sistemas productivos agrícolas e industriales dependen de la dotación de agua proveniente de la vertiente del Pacífico, mientras que tan solo el 12% de los ecuatorianos dependen de la dotación de agua generada por la vertiente del Amazonas (Senagua, 2012).

2.3.6.2. Naciones Unidas Derechos Humanos.

A. El derecho al agua en la normativa internacional de derechos humanos.

Aunque el derecho al agua no está reconocido expresamente como un de hecho humano independiente en los tratados internacionales, las normas internacionales de derechos humanos comprenden obligaciones específicas en relación con el acceso a agua potable. Esas obligaciones exigen a los Estados que garanticen a todas las personas el acceso a una cantidad suficiente de agua potable para el uso personal y doméstico, que comprende el consumo, el saneamiento, el lavado de ropa, la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. También les exigen que aseguren progresivamente el acceso a servicios de saneamiento adecuados, como elemento

fundamental de la dignidad humana y la vida privada, pero también que protejan la calidad de los suministros y los recursos de agua potable.

B. El agua para el uso personal y doméstico debe ser salubre y aceptable.

De conformidad con la Observación general N° 15, el agua debe estar exenta de microbios y parásitos, así como de sustancias químicas y radiológicas, que puedan constituir una amenaza para la salud de las personas. El agua debe tener también un color, un olor y un sabor aceptables, a fin de que las personas no recurran a otras fuentes que puedan parecer más atractivas pero que estén contaminadas. Estos requisitos se aplican a todas las fuentes de abastecimiento, como el agua corriente, el agua de cisternas, el agua comprada a un proveedor y los pozos protegidos.

3. Materiales y métodos

3.3. Enfoque de la investigación

El desarrollo del presente trabajo tendrá un enfoque investigativo y experimental debido a que se determinarán características, químicas, biológicas y se demostrará la potabilización del agua de mar de las zonas marino costeras del Ecuador, mediante desalinización térmica (Solar Still).

Tipo de investigación

Los tipos de investigación a utilizar serán:

Investigación de campo y laboratorio: será una actividad científica exploratoria, debido a que se realizarán las respectivas tomas de muestras del agua de mar en la zona marino costera puntualmente en el puerto de Santa Rosa provincia de Santa Elena mar adentro ubicado a una altitud: 1msnm, latitud: 0.550000 S y Longitud: -78.1333300 O, mediante las cuales se efectuarán las observaciones de los elementos más importantes del objeto que se investiga, para obtener la captación de los fenómenos a “primera vista”, que nos permitirá realizar el respectivo análisis de campo como será la determinación de las características ambientales.

Este tipo de investigación también es entendido como el estudio sistemático y la observación de los resultados aplicados en el laboratorio, por lo que a las respectivas muestras tomadas mar afuera y a los resultados del diseño experimental (desalinización térmica) posteriormente se le procederán a realizar el pertinente análisis de laboratorio en las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza, factores constituyentes, explicar sus causas, y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo.

Investigación experimental: este tipo de investigación proveerá de un método lógico y sistemático para realizar el respectivo estudio, para lo cual, se tomarán en cuenta lo que es la experimentación y los objetivos que se persiguen.

Teniendo como enfoque principal la desalinización del agua de mar exclusivamente para uso en actividades doméstico, siendo una de las principales prioridades contribuir a la mitigación que enfrenta la escasez del recurso hídrico, este experimento se llevará a cabo mediante la determinación de características ambientales, físicas, químicas y microbiológicas de las muestras con las que se procederá a trabajar, el mismo que se realizará mediante el diseño experimental denominado desalinización térmica (solar still) con la técnica de batea debido a que su diseño es un recinto cerrado que se calentará por debajo y se enfriará por arriba, proporcionando así la fuerza conductora para la transferencia de calor y vapor donde se evaporará agua en el fondo del recipiente o batea que luego se recuperará como condensado en su cubierta superior, siendo este un método de desalinización mediante evaporación se tendrá como principal fuente energética un recurso renovable (el sol), para este diseño se aplicará el uso de piscinas, estanques peceras o celdas con las siguientes medidas:

Altura (atrás): 30cm

Ancho: 20cm

Altura (delante): 20cm

Inclinación: 24cm

Donde se colocarán las muestras del agua de mar recolectadas mar afuera en pleamar y bajamar para su respectivo proceso de desalinización el cual se llevará a cabo en el lapso de días (2 y 4) en época húmeda.

Siendo el experimento el desarrollo más efectivo para la investigación explicativa y estando frecuentemente limitado a temas en los cuales el investigador puede manipular la situación en la que las personas se hallan.

Bibliografía: siendo esta la encargada del estudio de referencia de los textos permitiendo realizar la descripción de libros, artículos, pdf, tesis basadas en el tema de estudio que complementen y enriquezcan los escritos accediendo a ampliar la información que estos presentan.

Diseño de investigación

Se llevará a cabo una investigación Experimental, debido a que se realizará la comprobación de la desalinización del agua de mar. Mediante investigaciones acerca de la escasez del recurso hídrico y la optimización de la desalinización, se analizarán cuantitativamente las muestras previamente obtenidas, luego se precederá a la comprobación y demostración experimental de la efectividad de la desalinización térmica del agua de mar en época húmeda, mediante el método (Solar Still) con la técnica de batea.

3.4. Metodología

3.4.1. Variables

Las variables a tomar en cuenta, en este proyecto de investigación son:

3.4.1.1. Variable independiente

- Número de puntos de muestreo.
- Horario de recolección de muestras.
- Ubicación de los puntos de toma de muestras.
- Estado de la marea.

3.4.1.2. Variable dependiente

- Características ambientales (movimiento de sus aguas, temperatura, presión)
- Efectos de radiación solar
- Salinidad
- pH
- Conductividad eléctrica (EC)
- Turbidez
- Coliformes fecales
- Sólidos totales disueltos
- Tasa de recolección (producción) desalinización

$$\frac{\text{Volumen final}}{\text{Masa}} - \frac{\text{Volumen inicial}}{\text{Masa}}$$

3.4.2. Tratamientos.

Desalinización Térmica del agua de mar en época húmeda mediante el método (Solar Still) con la técnica de batea.

Tabla 2.

Muestras a tratar recolectadas en Pleamar a 1 y 2 millas

Número de muestras	Descripción	Distancia de toma de muestras	Cantidad a desalinizar por día	Frecuencia de aplicación (Días)	Aplicación de energía solar
Muestra 1	Sustancia líquida (agua de mar) recolectada al pie de un cultivo de algas.	1 milla mar adentro	5L	0-4	Incidencia de rayos salares por día (calendario solar)
Muestra 2	Sustancia líquida (agua de mar)	2 millas mar adentro	5L	0-4	Incidencia de rayos salares por día (calendario solar)

Tratamientos de desalinización térmica variando la frecuencia de aplicación (días) y el estado de marea. Granja, 2019.

Tabla 3.

Muestras a tratar recolectadas en Bajamar a 1 y 2 millas

Número de muestras	Descripción	Distancia de toma de muestras	Cantidad a desalinizar por día	Frecuencia de aplicación (Días)	Aplicación de energía solar
Muestra 1	Sustancia líquida (agua de mar) recolectada al pie de un cultivo de algas.	1 milla mar adentro	5L	0-4	Incidencia de rayos salares por día (calendario solar)
Muestra 2	Sustancia líquida (agua de mar)	2 millas mar adentro	5L	0-4	Incidencia de rayos salares por día (calendario solar)

Tratamientos de desalinización térmica variando la frecuencia de aplicación (días) y el estado de marea.
Granja, 2019.

3.4.3. Diseño experimental

Desalinización térmica mediante el método Solar Still de batea aplicado en época húmeda. Los desalinizadores térmicos (Solar Still) de batea son sistemas que operan mediante evaporación con energía disponible de la radiación solar realizados a cielo abierto bajo condiciones controladas. Son sistemas especialmente diseñados para aprovechar de un modo pasivo la energía solar, haciendo uso del conocido «efecto invernadero». Los elementos básicos que componen un desalinizador térmico (solar still) son dos:

- La piscina, estanque, pecera o celdas.
- La cubierta

La piscina, estanque, pecera o celdas como su nombre indica, el lugar donde se encuentra almacenada el agua salada que se pretende desalinizar. Puede aprovecharse una hondonada o cavidad natural en el terreno, o bien construirse de obra civil al igual que una piscina o estanque artificial (Riverol et al., 2005).

La cubierta consta de una superficie transparente (a base de plástico o vidrio) colocada encima del estanque, de modo que en su interior se consiguen temperaturas lo suficientemente elevadas como para producir la evaporación de una determinada cantidad de agua del estanque. Esta temperatura interior elevada (>60 °C) se consigue gracias al «Efecto Invernadero» producido por la cubierta transparente, que consiste en que la mayor parte de la radiación solar exterior consigue atravesar la superficie de la cubierta, que actúa como una trampa térmica para la radiación solar. Esta radiación solar que atraviesa la cubierta transparente es absorbida en parte por el agua que existe en el interior, y la otra parte es emitida con una longitud de onda mayor que la de la radiación incidente. Debido a su mayor longitud de onda, esta radiación es en su mayoría incapaz de atravesar hacia el exterior la cubierta transparente, quedando atrapada en el interior del desalinizador térmico (solar still), produciendo el consiguiente aumento de la temperatura ambiente, lo que favorece la evaporación de una pequeña fracción del agua allí existente (Ribas, 1984).

Este vapor condensa al entrar en contacto con la cara interior de la cubierta, formando pequeñas gotas de agua destilada que terminan uniéndose entre sí y se deslizan siguiendo la pendiente de la cubierta, para finalmente recoger y canalizar por los oportunos conductos colectores que terminan en los depósitos de almacenamiento de agua destilada.

Los desalinizadores térmicos (Solar Still) de batea no se usan para producir grandes cantidades de agua desalinizada debido a que estos sistemas presentan una baja producción de destilado por unidad de superficie, lo que obligaría a disponer de una superficie de terreno excesivamente grande. La producción diaria

de estos desalinizadores suele estar comprendida entre 1 y 4 litros de agua por cada m² de superficie del estanque.

Los desalinizadores térmicos (Solar Still) de batea son atractivos para pequeñas instalaciones, especialmente en localizaciones remotas con escasos recursos energéticos, un buen nivel de radiación solar y aledaños al perfil costero. Este es el motivo por el cual este tipo de sistemas ha sido y es objeto de estudio en países como Pakistán, India y Grecia. Todos estos países poseen numerosas instalaciones de este tipo (Åström and Hägglund, 2009).

Las experiencias prácticas existentes con los desalinizadores térmicos (Solar Still) de batea muestran que el elemento más frágil y que suele ocasionar la puesta en fuera de servicio de la instalación, es la cubierta. Este problema se hace tanto más patente cuanto mayor es la superficie del sistema, ya que cuanto mayor es la superficie de la cubierta, más propensa es a los agentes meteorológicos (viento, granizo, etc....). Este es el principal motivo por el que estos sistemas resultan más adecuados para pequeños sistemas, siendo utilizado en la actualidad para pequeños núcleos rurales de países mediterráneos y asiáticos (Ribas, 1984).

Los requisitos básicos de un buen desalinizador térmico (solar still) de batea son que el sistema:

- Sea fácilmente montado en el campo
- Esté construido con materiales que estén disponibles en/o cerca del lugar donde se pretende instalar, de modo que los costes de transporte sean pequeños.
- Sea ligero, pudiéndose manejar e instalar con facilidad

- Tener una vida útil de 10 a 20 años, con una labor de mantenimiento normal
- No requerir fuente energética externa
- Poder servir, a la vez, de superficie captadora del agua de lluvia
- Resistir vientos de intensidad moderada
- Estar fabricados con materiales que no contaminen el agua de lluvia que recogen ni el destilado que producen

3.4.4. Recolección de datos

Se realizará la toma de muestras de agua de mar en la zona marino costera del puerto Santa Rosa provincia de Santa Elena, la misma que se llevará a cabo en el lapso de un día (durante los periodos de tiempo de pleamar y bajamar) a 1 y 2 millar mar adentro, dichas muestras serán previamente analizadas en el laboratorio de las instalaciones de la Universidad Agraria del Ecuador, una vez obtenidos los datos procedemos al desarrollo experimental de la desalinización térmica (Solar Still) de batea del agua de mar, proceso que se realizará en época húmeda mediante 2 muestras cada una con réplicas de 3, analizando una a una en distintos periodos de tiempo por el lapso de 2 y 4 días, midiendo la calidad y cantidad de la desalinización del agua de mar por día y comparando los datos de los análisis de las muestras iniciales y de los resultados obtenido del diseño experimental aplicado.

3.4.5. Recursos

El presente proyecto utilizará como recursos: libros, artículos científicos, revistas, leyes que se enfoquen en el área de investigación.

Materiales de campo

- 10 Botellones (20 L c/u)

- 1 Caja de guantes
- 1 Cooler
- 1 Termohigrómetro
- 1 Barómetro

Equipos tecnológicos

- 1 Potenciómetro
- 1 Equipo multiparámetro
- 1 Equipo colorímetro
- 1 pHmetro

Materiales de laboratorio

- 10 Vasos de precipitación de 100ml
- Placas petrifilm (marca 3M)
- Pipetas de 10 ml
- Agitador
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml

Reactivos

- Agua destilada

Materiales para el proyecto experimental

- Peceras con cubiertas o celdas (con capacidad de 5 L de agua diarios)
- Papel contact
- 4 Mangueras (de ½ metro c/u)
- 4 botellones de galón

3.4.6. Métodos y técnicas

Se realizará la desalinización térmica (Solar Stil) de batea aplicando las siguientes técnicas y métodos.

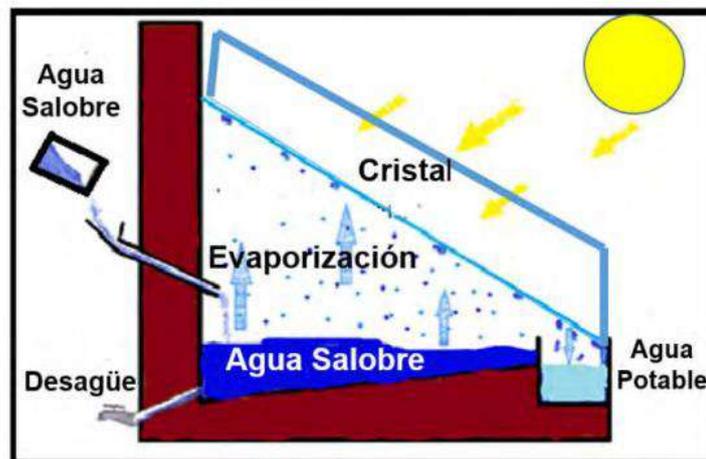
Destilación solar

Los procesos por destilación se basan en el ciclo hidrológico natural del agua. Los destiladores solares consisten de un recipiente de vidrio que se llena con agua salada o agua salobre. El recipiente es cubierto por un vidrio inclinado que permite la transmisión de energía solar y la condensación del agua. La radiación solar entra al recipiente y la temperatura del agua se eleva hasta lograr la evaporación; debido a la diferencia de presión parcial y a la diferencia de temperatura el vapor de agua se condensa en el cristal inclinado y las gotas de agua se colectan en un receptáculo. (Readdy, 2015)

La producción de agua será en bajas cantidades, pero la calidad del agua será alta. Siendo posible incrementar la cantidad de agua producida acoplado a los destiladores solares colectores planos, colectores con tubos evacuados, concentradores de disco o aerogeneradores. (Readdy, 2015)

Gráfico 6.

Diagrama representativo del destilador solar simple.



(Ameri, 2011)

Evaporación: es un proceso físico que consiste en el paso lento y gradual de un estado líquido hacia un estado gaseoso, tras haber adquirido suficiente energía para vencer la tensión superficial. La radiación solar proporciona a las

moléculas de agua la energía necesaria para el cambio de estado (Thorntwaite, 1948)

Condensación: es el cambio de una sustancia a una fase más densa, como por ejemplo de gas (o vapor) a líquido.

Si bien en el cambio del mencionado estado gaseoso al estado líquido intervienen factores como la temperatura y la presión, la condensación se producirá a presiones cercanas al ambiente, mientras tanto, cuando se emplea una sobrepresión excesiva para forzar tal transición. Se hablará de licuefacción.

Entonces la condensación suele tener lugar cuando enfriamos a un gas hasta un punto de rocío, aunque, tal punto también podrá lograrse mediando una variación en la presión (Zacharias, 1998).

Turbidimetría: Camarillo, (2014) señala que la turbiedad de las aguas se debe a la presencia de material suspendido y coloidal como arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es una expresión de la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan sin alteración a través de una muestra. No debe relacionarse la turbiedad con la concentración en peso de los sólidos en suspensión, pues el tamaño, la forma y el índice de refracción de las partículas, son factores que también afectan la dispersión de la luz. El método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro

(nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Nefelometría: Se utilizan normalmente en el análisis de la calidad química del agua, para determinar la claridad y para el control de los procesos de tratamiento. También para la determinación de iones sulfato. Mide la luz dispersada en dirección distinta a la luz emitida (generalmente con ángulos que oscilan entre 15 y 90°). Utiliza como instrumento el nefelómetro (en el que el detector se ubica con un ángulo que oscila entre 15 y 90° ej. a 90°). Se suele utilizar para concentraciones más diluidas. Permite mayor sensibilidad con concentraciones menores de partículas suspendidas. Constituye un método más exacto para la medida de la opacidad (Theofanis et al., 2012).

El procedimiento de la nefelometría generalmente es empírico y sólo se consideran 3 factores:

1. La concentración: mayor sea el número de partículas, mayor es la dispersión.
2. Tamaño de la partícula: factores como el pH, la velocidad y orden de la mezcla, concentración de los reactivos y la fuerza iónica.
3. Longitud de onda: generalmente las muestras se iluminan con luz blanca, pero si están coloreadas, se debe escoger una porción del espectro electromagnético en la que la absorción del medio se reduzca al mínimo.

Colorimetría analítica: Correa & Gauna, (2006) señalan que la colorimetría es una técnica instrumental donde se tiene por objeto determinar la absorción de la luz visible por una muestra, que puede ser una sustancia pura o bien una mezcla o disolución, con lo cual se pretende establecer el valor de la concentración de

dicha sustancia en disolución, mediante la comparación del color de la misma con el de un patrón o referencia, sea ésta líquida o sólida.

Si un haz de luz blanca pasa a través de una celda de vidrio que haya sido llenada con un líquido, la radiación emergente es de menos potencia que la radiación de entrada. La disminución en la potencia es por lo general de diferente grado para los distintos colores. Esta pérdida se debe en parte a las reflexiones en la superficie y en parte a la difusión provocada por cualquiera de las partículas en suspensión encontradas en el fluido, en cambio en los líquidos claros, el fenómeno ocurre debido a la absorción de la energía radiante por el líquido.

Si la energía absorbida es mayor para algunas longitudes de onda del visible que para otras, el haz emergente aparecerá coloreado.

El color La longitud de onda λ , es la distancia entre dos crestas adyacentes en una onda de un haz de radiación. Está dada por la relación entre la velocidad y la frecuencia.

La frecuencia (ν) es el número de oscilaciones por segundo descritas por una onda electromagnética; la unidad habitual de la frecuencia es el hertz (1 hertz=1 ciclo por segundo).La velocidad c de propagación es aproximadamente de 2.9979×10^{10} (a la octava) m/s (a la menos uno) para una radiación que viaja a través del vacío, y tiene un valor poco menor en el trayecto a través de un medio transparente.

Las unidades de longitud de onda son: el micrómetro (1 μ m=10⁻⁶ m), y el nanómetro (1 nm: 10⁻⁹ m), otra unidad que es frecuente usar es el número de onda ν (o sea el n° de onda por cm., llamado algunas veces Kaiser.

La expresión que vincula: la velocidad, la longitud de onda, la frecuencia y el nº de onda, la frecuencia y el nº de ondas es: $v=c/\lambda =c.v$.

Tabla 4.
Colores de la radiación visible

Rango aproximado de longitud de onda en nm	Color	Complemento
400 – 465	Violeta	Verde amarillo
465 – 482	Azul	Amarillo
482 – 487	Azul verdoso	Naranja
487 – 493	Azul verde	Rojo naranja
493 – 498	Verde azulado	Rojo
498 – 530	Verde	Rojo púrpura
530 – 559	Verde amarillento	Púrpura rojizo
559 – 571	Amarillo verde	Púrpura
571 – 576	Amarillo verdoso	Violeta
576 – 580	Amarillo	Azul
580 – 587	Naranja amarillento	Azul
587 – 597	Naranja	Azul verdoso
597 – 617	Naranja rojizo	Azul verde
617 – 780	Rojo	Azul verde

Fuente. (Correa & Gauna, 2006, p.3)

Medida del pH: según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) afirma que para medir el pH de una disolución podemos emplear dos métodos, en función de la precisión con que queramos hacer la medida:

- Para realizar medidas del pH que no necesiten ser muy precisas se utilizan unas sustancias llamadas indicadores, que varían reversiblemente de color en función del pH del medio en que están disueltas. Se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel indicador.
- Para realizar medidas exactas se utiliza un pH-metro, que mide el pH por un método potenciométrico.

El pH-metro realiza la medida del pH por un método potenciométrico. Este método se basa en el hecho de que entre dos disoluciones con distinta $[H^+]$ se establece una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial determina que

cuando las dos disoluciones se ponen en contacto se produzca un flujo de H^+ , o, en otras palabras, una corriente eléctrica. En la práctica, la medida del pH es relativa, ya que no se determina directamente la concentración de H^+ , sino que se compara el pH de una muestra con el de una disolución patrón de pH conocido.

Para ello se utiliza un electrodo de pH. Cuando el electrodo entra en contacto con la disolución se establece un potencial a través de la membrana de vidrio que recubre el electrodo. Este potencial varía según el pH. Para determinar el valor del pH se necesita un electrodo de referencia, cuyo potencial no varía. El electrodo de referencia puede ser externo o puede estar integrado en el electrodo de pH.

3.4.7. Análisis estadístico

Para el proyecto de investigación se ejecutará el Diseño Completamente al Azar (DCA) que consistirá en la asignación de 4 tratamientos en forma completamente aleatoria a las unidades experimentales con relación al número de repeticiones (3 réplicas cada uno) que nos permitirán reconocer sus diferencias, mientras que la Prueba Media Tukey al 5%; se utilizará para comparar las medias de los tratamientos y hacer la respectiva verificación del cumplimiento según las normativas establecidas.

3.4.7.1. Diseño Completamente al Azar (DCA)

Mellado (s.f) afirma que el DCA es una prueba basada en el análisis de la varianza, en donde la varianza total se descompensa en la “varianza de los tratamientos” y la varianza del error”. Siendo el objetivo determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución.

Por medio de este diseño se buscará demostrar que tratamiento será el más óptimo para la potabilización del agua de mar mediante la desalinización térmica (solar still).

H₀ (hipótesis nula): Todas las muestras son iguales.

$$\mathbf{H_0:} \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

H₁ (Hipótesis alternativa): Al menos una muestra es diferente.

3.4.7.2. La Prueba Media Tukey al 5%

Inca, (2013) señala que este método se utiliza en ANOVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias, sirve para probar todas las divergencias entre medias de tratamientos del diseño experimental, siendo la única exigencia que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos.

Por medio de esta prueba se buscará hacer la comparación entre los tratamientos y la verificación del cumplimiento según de las normativas establecidas.

H₀ (hipótesis nula): No superan los límites establecidos.

$$\mathbf{H_0:} \mu = \mu_0$$

H₁ (Hipótesis alternativa): Los datos superan los límites establecidos.

$$\mathbf{H_1:} \mu_1 > \mu$$

3.4.8. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																
ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
	SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
OBJETIVO GENERAL	Efectuar la potabilización del agua de mar, mediante la técnica de desalinización térmica (Solar Still) para mitigar la escasez del recurso hídrico.															
Objetivo específico 1: Determinar las características ambientales, físico químicas y microbiológicas de la muestra del agua de mar.																
Reconocimiento detallado del área (zonas marino costeras) puerto Santa Rosa provincia de Santa Elena																
Recolección de muestras (PLEAMAR, BAJAMAR) a 1 y 2 millas mar adentro																
Análisis de las muestras obtenidas.																
Objetivo específico 2: Aplicación de desalinización térmica (Solar Stil) de batea a las muestras de agua de mar.																
Aplicación experimental (Solar Still) de batea en la desalinización de agua de mar.																
Análisis y evaluación de los resultados																
Objetivo específico 3: Comparar la desalinización del agua de mar mediante el cumplimiento de los límites permisibles para agua de consumo humano, según el Acuerdo Ministerial 097-A.																
Comparación estadística de los análisis previos al experimento con los de los del resultado experimental.																
Comparación de los resultados con el cumplimiento de los límites permisibles, según el Acuerdo Ministerial 097-A																

Granja,2019

4. Resultados

- 4.1. Características ambientales de la zona marino costera puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena, físico-químicas y microbiologías de las muestras de agua de mar tomadas en el mismo.

4.1.1. Características ambientales

Estado de la marea

En salinas, la altura de las olas varía según los días de aguaje, por ejemplo, se registró una altura máxima de una ola en el mes de febrero de 1998 durante el fenómeno del niño con una altura de 3.1m, sin embargo, en condiciones normales la altura máxima que puede llegar a tener una ola es de 2.50m en pleamar y en bajamar llegan hasta 0.78m, siendo el resultado promedio de casi 2.0m sobre el nivel de reducción. (Hidalgo, 1979)

Pleamar o Marea alta

Nivel máximo alcanzado por una MAREA CRECIENTE (Dirección de Hidrografía y Navegación. Marina de Guerra del Perú, 2016).

Bajamar o Marea baja

Nivel mínimo alcanzado por una MAREA CRECIENTE (Dirección de Hidrografía y Navegación. Marina de Guerra del Perú, 2016).

Tabla 5.
Estado de la marea

Día de recolección de muestras.	Hora H.M.	Altura (Metros)	ESTADO DE LA MAREA
24/03/2019	6:09	2.5 MTS	PLEAMAR
24/03/2019	6:17	2.5 MTS	PLEAMAR
24/03/2019	12:16	0.2 MTS	BAJAMAR
24/03/2019	12:24	0.2 MTS	BAJAMAR

Cuadro comparativo del estado de marea mediante la predicción del INOCAR. Granja, 2019.

Temperatura

La temperatura del agua se estableció por la absorción de radiación en las capas superiores del líquido. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como a su comportamiento microbiológico e importancia del estudio. Las variaciones en los valores encontrados de las mediciones de temperatura tuvieron una variación mínima de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Tabla 6.
Temperatura del agua

Día de recolección de muestras	Estado de la marea (Altura)	Hora	Distancia (Millas)	Temperatura
24/03/2019	Pleamar (2.5 m)	6:09	1 m	25.5°C
24/03/2019	Pleamar (2.5 m)	6:17	2 m	25.2°C
24/03/2019	Bajamar (0.2 m)	12:16	1 m	25.0°C
24/03/2019	Bajamar (0.2 m)	12:24	2 m	24.8°C

Cuadro comparativo de resultados – Temperatura.
Granja, 2019.

Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. En Santa Elena, la probabilidad de un día mojado durante el mes de marzo ha ido disminuyendo muy rápidamente.

Tabla 7.
Precipitación

Día de recolección de muestras	Hora	Precipitaciones	Precipitaciones	Lluvia
24/03/2019	De 6 am a 13 pm	14%	0 mm	0 mm

Resultados de precipitación basado en la aparición de lluvia en mm.
Granja, 2019.

Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Santa Elena el 24 de marzo, las condiciones bochornosas no cambian considerablemente en el transcurso del día y permanece en 99%.

Tabla 8.
Humedad

Día de recolección de muestra	Hora	Humedad	Punto de rocío
24/03/2019	De 6 am a 13 pm	76%	20°C

Resultados de humedad y basado en el punto de rocío.
Granja, 2019.

Seco 13 °C cómodo 16 °C húmedo 18 °C bochornoso 21 °C opresivo 24 °C insoportable

4.1.2. Características físico-química.

Salinidad.

La salinidad que es adimensional, se concibió inicialmente como la determinación de la masa de sales disueltas en una masa dada de solución, pero esta determinación experimental mediante desecación, presenta dificultades a causa de las pérdidas de algunos componentes. El valor de salinidad se calcula partir del resultado de conductividad, utilizando la Escala de Salinidad Práctica. Esta escala se realizó a partir de una solución de KCl. Una muestra de agua de mar con una conductividad a 15°C igual a la de una solución de KCL que contiene una masa de 32,4356 g en 1 kg de solución, se define como poseedora de una salinidad de 35ppt.

Tabla 9.
Salinidad

Muestra Inicial	Salinidad
PM1 – I	33.2 ppt
PM2 – I	33.1 ppt
BM1 – I	33.6 ppt
BM2 – I	33.9 ppt

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas – Salinidad. Granja, 2019.

Potencial de Hidrógeno pH

El pH es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. El pHmetro consta de un electrodo de vidrio que genera una corriente eléctrica proporcional a la concentración de protones de la solución y que se mide en un galvanómetro. La corriente puede transformarse fácilmente en unidades de pH o mV por diferentes procedimientos de calibrado. El valor del pH depende de la temperatura. El pHmetro se calibra potenciométricamente, con un electrodo indicador de vidrio y uno de referencia, (que pueden presentarse combinados en uno solo), utilizando patrones trazables.

Tabla 10.
Potencial de hidrógeno pH

Muestra Inicial	pH
PM1 – I	7.61
PM2 – I	7.78
BM1 – I	8.13
BM2 – I	8.25

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas – Potencial de Hidrógeno pH. Granja, 2019.

Sólidos Totales Disueltos (SDT)

Este parámetro representa la concentración total de sustancias disueltas en el agua, se compone de sales inorgánicas, así como una pequeña cantidad de materia orgánica.

Tabla 11.
Sólidos Totales Disueltos

Muestra Inicial	SDT (g/l)
PM1 – I	7.61
PM2 – I	7.78
BM1 – I	8.13
BM2 – I	8.25

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas – Sólidos Totales Disueltos SDT Granja, 2019.

Turbidez

Con los niveles de turbidez determinamos la presencia de material suspendido coloidal como; arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos, de ahí su importancia en el análisis.

Tabla 12.
Turbidez

Muestra Inicial	Turbidez (NTU)
PM1 – I	0.43
PM2 – I	0.46
BM1 – I	0.35
BM2 – I	0.60

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas –Turbidez NTU Granja, 2019.

Conductividad eléctrica.

Con la conductividad medimos la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica, la cual depende de la presencia de iones disueltos y sus concentraciones, esto lo convierte en uno de los principales indicadores de contaminación. Los valores resultantes permanecen en < 55.0 $\mu\text{S/cm}$ cumpliendo desde ya con el valor límite de 99,82 $\mu\text{S/cm}$ establecido por el acuerdo ministerial 097-A.

Tabla 13.
Conductividad Eléctrica

Muestra Inicial	Conductividad Eléctrica
PM1 – I	< 55.0 $\mu\text{S/cm}$
PM2 – I	< 53.1 $\mu\text{S/cm}$
BM1 – I	< 54.0 $\mu\text{S/cm}$
BM2 – I	< 53.0 $\mu\text{S/cm}$

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas–Conductividad Eléctrica. Granja, 2019.

4.1.3. Características microbiológicas.

Coliformes Totales (NMP)

El análisis de Coliformes totales es esencial para la determinación de la calidad bacteriológica. Los valores obtenidos del análisis de las muestras iniciales se mantienen en <2,0 NMP/100 ubicándose dentro de 2000 NMP/100 MI establecido por la normativa 097-A.

Tabla 14.
Coliformes Totales

Muestra Inicial	Coliformes Totales
PM1 – I	<2,0 NMP/100
PM2 – I	<2,0 NMP/100
BM1 – I	<2,0 NMP/100
BM2 – I	<2,0 NMP/100

Cuadro de resultados de muestra inicial Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas –Coliformes Totales. Granja, 2019.

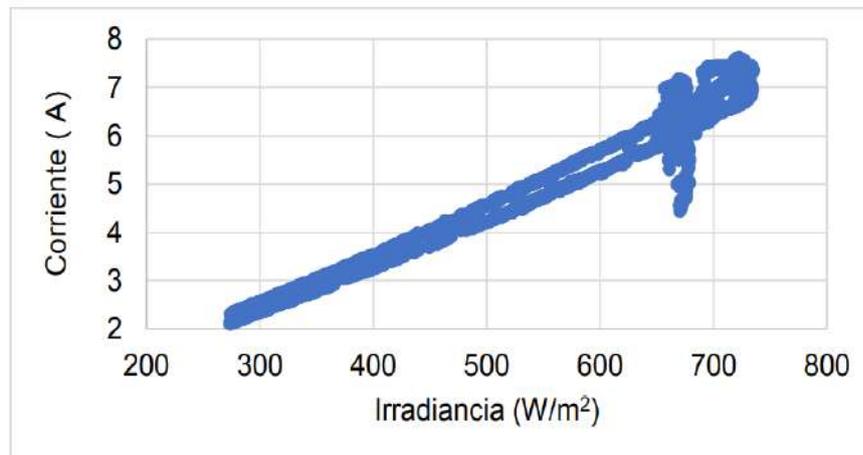
- 4.2. Verificación de método de desalinización térmica (Solar Stil) con la técnica de batea a las muestras de agua de mar mediante las variables planteadas.

Efectos de la radiación solar.

Las pruebas de desalinización se realizaron bajo condiciones de cielo despejado en los días 1 al 4 y del 8 al 11 de abril de 2019 con datos geográficos 18° 53' de latitud norte y 99° 10' de longitud oeste. Debido a la latitud del lugar, época del año y efectos de humedad atmosférica la máxima radiación registrada fue de 735.2 W/m².

Gráfico 7.

Comportamiento de la radiación respecto a la corriente que demanda el sistema. Comportamiento de la corriente que demanda el sistema respecto a la irradiación solar. La dependencia se observa cuasi lineal.



Granja, 2019.

Gráfico 8.

Calendario solar.

2019	Duración del Día		Amanecer			Salida			Mediodía Solar	Puesta			Ocaso	
	Abr	Duración Diferencia	Ast.	Ná.	Civ.	Inicio	Azimet	Final		Inicio	Azimet	Final	Civ.	Ná.
1	12h 06m 23s	-	05:06	05:30	05:54	06:15	86°ENE	06:17	12:18	18:19	85°ENE	18:21	18:42	19:06
2	12h 06m 22s	-1s	05:05	05:29	05:53	06:14	85°ENE	06:16	12:17	18:18	84°ENE	18:21	18:41	19:05
3	12h 06m 21s	-1s	05:05	05:29	05:53	06:14	85°ENE	06:16	12:17	18:18	84°ENE	18:20	18:41	19:05
4	12h 06m 21s	-	05:05	05:29	05:53	06:14	84°ENE	06:16	12:17	18:18	83°ENE	18:20	18:41	19:05
5	12h 06m 21s	-	05:04	05:28	05:53	06:13	84°ENE	06:16	12:17	18:18	83°ENE	18:20	18:40	19:05
6	12h 06m 20s	-1s	05:04	05:28	05:52	06:13	84°ENE	06:15	12:16	18:17	82°ENE	18:19	18:40	19:04
7	12h 06m 20s	-	05:04	05:28	05:52	06:13	83°ENE	06:15	12:16	18:17	82°ENE	18:19	18:40	19:04
8	12h 06m 19s	-1s	05:03	05:28	05:52	06:13	83°ENE	06:15	12:16	18:17	81°ENE	18:19	18:40	19:04
9	12h 06m 19s	-	05:03	05:27	05:51	06:12	83°ENE	06:14	12:15	18:16	81°ENE	18:19	18:39	19:04
10	12h 06m 19s	-	05:03	05:27	05:51	06:12	82°ENE	06:14	12:15	18:16	80°ENE	18:18	18:39	19:03
11	12h 06m 18s	-1s	05:02	05:27	05:51	06:12	82°ENE	06:14	12:15	18:16	80°ENE	18:18	18:39	19:03

INOCAR, 2019.

Tasa de recolección

El proceso de desalinización térmica (solar still) del agua de mar se llevó a cabo mediante técnica de batea, desde el 1 de abril del 2019 hasta el jueves 11 del mismo mes, utilizando como referencia el calendario solar emitido por el INOCAR para la respectiva desalinización, monitoreando día a día cada una de las muestras para así permitirnos obtener la tasa de recolección.

En cada una de las peceras tanto del agua recolectada en pleamar como en bajamar se disponía a desalinizar 5L de agua de mar por día, teniendo cada una, una réplica de 3.

Obteniendo 2.4 litros de agua desalinizada en días soleados cuando mayor recolección hubo por día y 1.2 litros de agua desalinizada en días con sombra cuando menor recolección hubo por día.

A continuación, se muestran las tablas donde se observan los promedios de recolección por día y el total de producción por muestras.

Tabla 15.

Datos promedios de recolección de agua desalinizada Pleamar 1milla

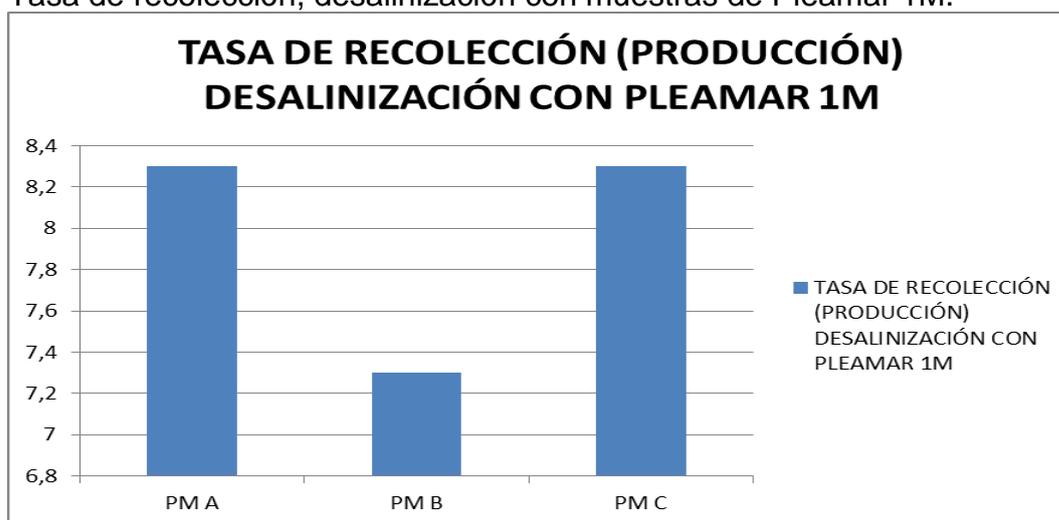
TASA DE RECOLECCIÓN DESALINIZACIÓN CON PLEAMAR 1M					
	LUNES 1	MARTES 2	MIERCOLES 3	JUEVES 4	TOTAL
PM A	2.4 L/d	2.0 L/d	2.4 L/d	1.5 L/d	8.3 L
PM B	2.2 L/d	1.9 L/d	2.0 L/d	1.2 L/d	7.3 L
PM C	2.0 L/d	2.1 L/d	2.3 L/d	1.9 L/d	8.3 L

Los datos corresponden al monitoreo de día a día en la recolección de agua desalinizada para la obtención del total por los 4 días.

Granja, 2019

Gráfico 9

Tasa de recolección, desalinización con muestras de Pleamar 1M.



Comportamiento del total de la tasa de recolección por muestras de Pleamar 1m.

Granja 2019.

Los resultados obtenidos con las muestras alzadas en Pleamar a 1m exponen que la mayor cantidad de agua desalinizada fueron con las muestras PM

A y PM C con una tasa de recolección de 8,3 litros en los 4 días de monitoreo, mientras que con la muestra PM B se obtuvieron 7,3 litros de agua desalinizada mediante la exposición solar.

Tabla 16.

Datos promedios de recolección de agua desalinizada Pleamar 2millas.

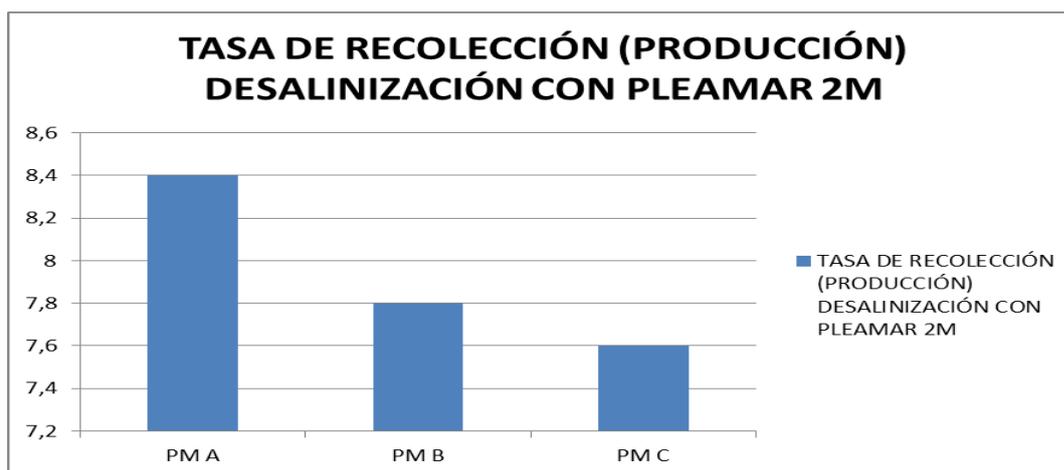
TASA DE RECOLECCIÓN DESALINIZACIÓN CON PLEAMAR 2M					
	LUNES 1	MARTES 2	MIÉRCOLES 3	JUEVES 4	TOTAL
PM A	2.1 L/d	2.0 L/d	2.3 L/d	2.0 L/d	8.4 L
PM B	1.9 L/d	2.4 L/d	2.0 L/d	1.5 L/d	7.8 L
PM C	2.0 L/d	2.0 L/d	2.4 L/d	1.2 L/d	7.6 L

Los datos corresponden al monitoreo de día a día en la recolección de agua desalinizada para la obtención del total por los 4 días.

Granja, 2019

Gráfico 10.

Tasa de recolección, desalinización con muestras de Pleamar 2M.



Comportamiento del total de la tasa de recolección por muestras de Pleamar 2m.
Granja 2019.

Los resultados obtenidos con las muestras alzadas en Pleamar a 2m exponen que la mayor cantidad de agua desalinizada fue con la muestra PM A con una tasa de recolección de 8,4 litros en los 4 días de monitoreo, mientras que la tasa de menor recolección se presentó con las muestras PM C con 7,6 litros de agua desalinizada mediante la exposición solar.

Tabla 17.

Datos promedios de recolección de agua desalinizada Bajamar 1milla.

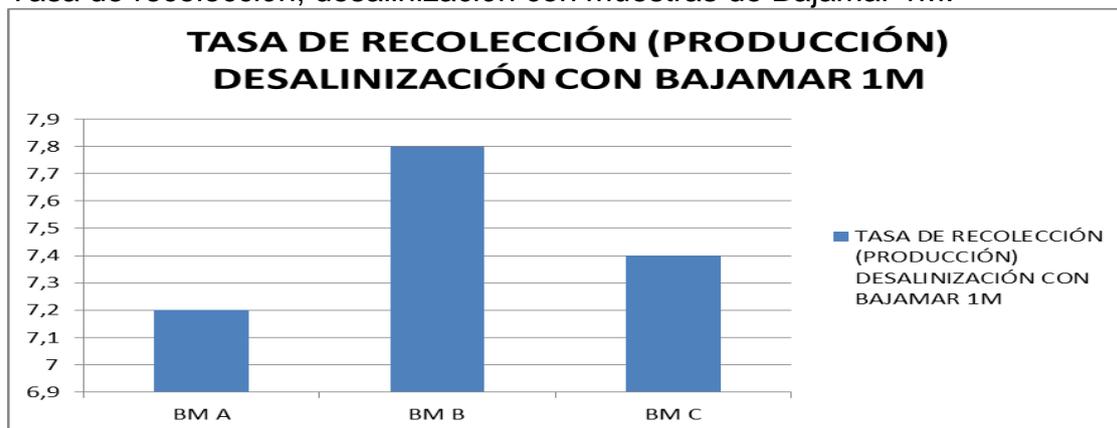
TASA DE RECOLECCIÓN (PRODUCCIÓN) DESALINIZACIÓN CON BAJAMAR 1M					
	LUNES 8	MARTES 9	MIÉRCOLES 10	JUEVES 11	TOTAL
BM A	1.9 L/d	1.7 L/d	2.4 L/d	1.2 L/d	7.2 L
BM B	1.7 L/d	2.0 L/d	2.2 L/d	1.9 L/d	7.8 L
BM C	1.5 L/d	2.0 L/d	2.4 L/d	1.5 L/d	7.4 L

Los datos corresponden al monitoreo de día a día en la recolección de agua desalinizada para la obtención del total por los 4 días.

Granja, 2019.

Gráfico 11.

Tasa de recolección, desalinización con muestras de Bajamar 1M.



Comportamiento del total de la tasa de recolección por muestras de Bajamar 1m.

Granja 2019.

Los resultados obtenidos con las muestras alzadas en Bajamar a 1m exponen que la mayor cantidad de agua desalinizada fue con la muestra BM B con una tasa de recolección de 7,8 litros en los 4 días de monitoreo, mientras que la tasa de menor recolección se presentó con las muestras BM A con 7,2 litros de agua desalinizada mediante la exposición solar.

Tabla 18.

Datos promedios de recolección de agua desalinizada Bajamar 2millas

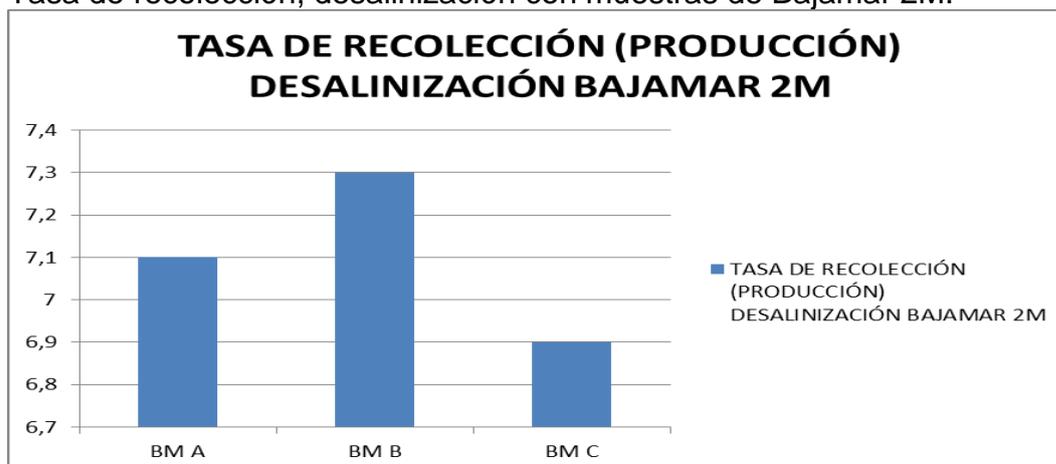
TASA DE RECOLECCIÓN (PRODUCCIÓN) DESALINIZACIÓN CON BAJAMAR 1M					
	LUNES 8	MARTES 9	MIÉRCOLES 10	JUEVES 11	TOTAL
BM A	1.2 L/d	2.0 L/d	2.2 L/d	1.7 L/d	7.1 L
BM B	1.7 L/d	2.4 L/d	2.0 L/d	1.2 L/d	7.3 L
BM C	1.5 L/d	2.4 L/d	1.8 L/d	1.2 L/d	6.9 L

Los datos corresponden al monitoreo de día a día en la recolección de agua desalinizada para la obtención del total por los 4 días.

Granja, 2019.

Gráfico 12.

Tasa de recolección, desalinización con muestras de Bajamar 2M.



Comportamiento del total de la tasa de recolección por muestras de Bajamar 2m. Granja 2019.

Los resultados obtenidos con las muestras alzadas en Bajamar a 2m exponen que la mayor cantidad de agua desalinizada fue con la muestra BM B con una tasa de recolección de 7,3 litros en los 4 días de monitoreo, mientras que la tasa de menor recolección se presentó con las muestras BM C con 6,9 litros de agua desalinizada mediante la exposición solar.

Salinidad.

Salinidad es un parámetro íntimamente relacionado con temperatura y conductividad, manteniendo una relación directamente proporcional. Puede significar la presencia o ausencia de organismos y peces. En los resultados obtenidos en el análisis los valores oscilan entre 33,9 ppt y 10,4 ppt, quedando dentro del valor máximo establecido 40,0 ppt en el acuerdo 097-A.

Tabla 19.

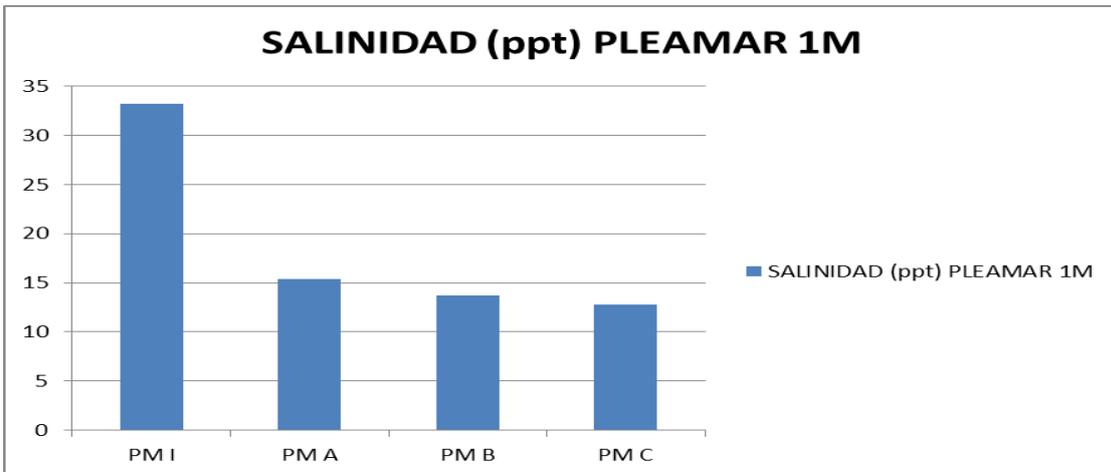
Datos promedios de Salinidad Pleamar 1m y 2m

	SALINIDAD + (ppt) PLEAMAR			
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	33.2 ppt	15.4 ppt	13.7 ppt	12.8 ppt
2 M	33.1 ppt	14.6 ppt	15.1 ppt	10.4 ppt

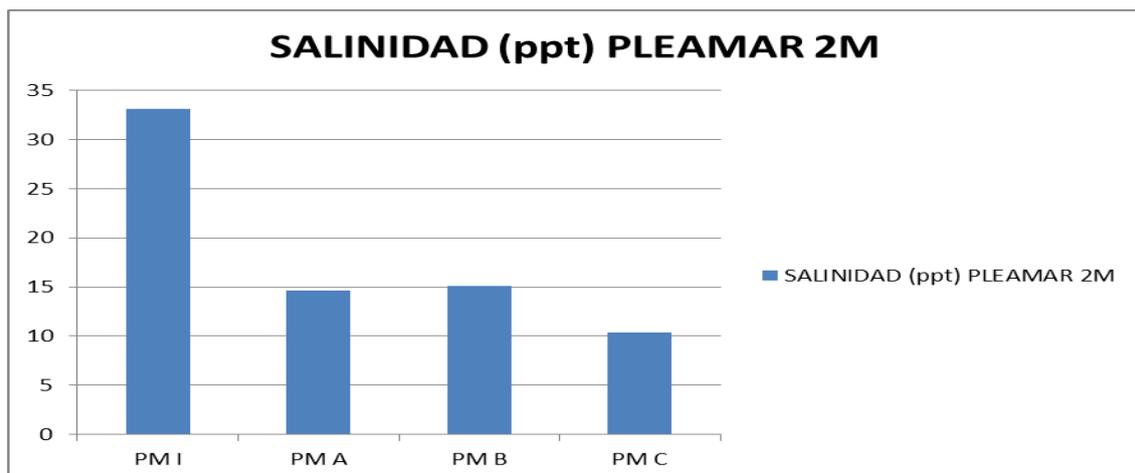
Los datos corresponden a los análisis de salinidad en cada una de las muestras de pleamar. Granja, 2019.

Gráfico 13.**Salinidad Pleamar 1m.**

Niveles de salinidad alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar a 1



milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC.
Granja 2019.

Gráfico 14.**Salinidad Pleamar 2m.**

Niveles de salinidad alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar a 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC.
Granja 2019.

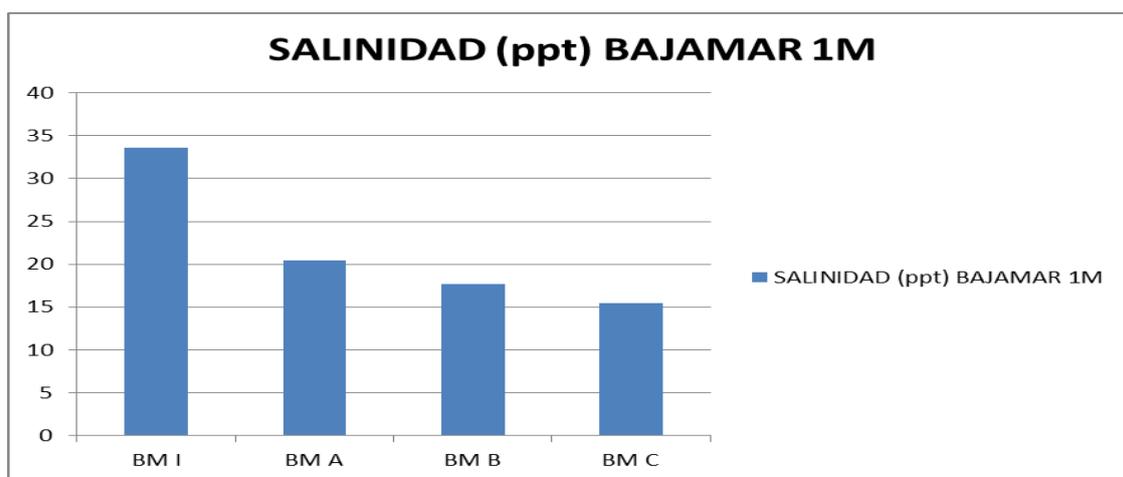
Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de salinidad es PM C 2m con 10.4 ppt.

Tabla 20.
Datos promedios de Salinidad Bajamar 1m y 2m

SALINIDAD (ppt) BAJAMAR				
	BM I	BM A	BM B	BM C
1 M	33.6 ppt	20.4 ppt	17.7 ppt	15.5 ppt
2 M	33.9 ppt	25.3 ppt	15.6 ppt	14.4 ppt

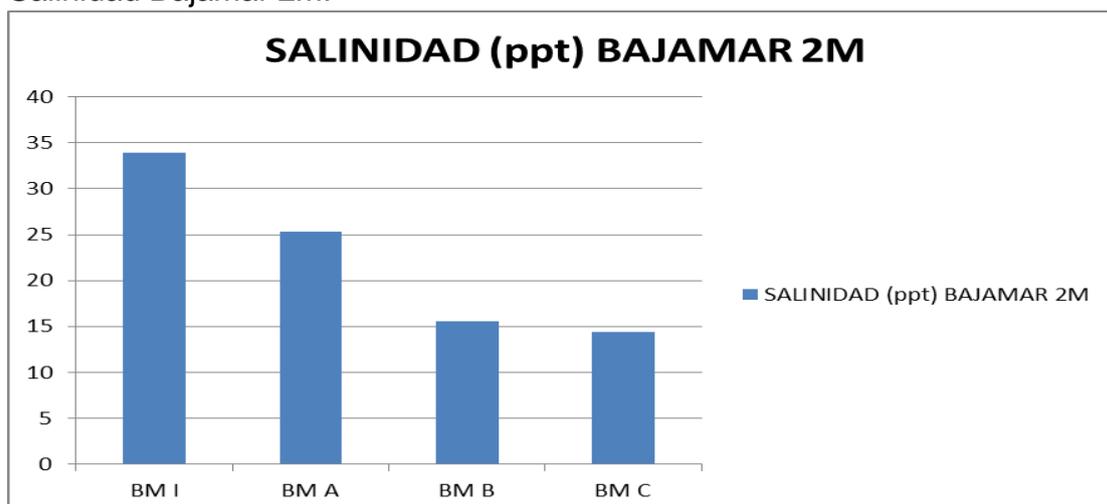
Los datos corresponden a los análisis de salinidad en cada una de las muestras de bajamar. Granja, 2019

Gráfico 15.
Salinidad Bajamar 1m.



Niveles de salinidad alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar a 1 milla, PM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BMC. Granja 2019.

Gráfico 16.
Salinidad Bajamar 2m.



Niveles de salinidad alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar a 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BMC. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Bajamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar

Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de salinidad es BM C 2m con 14.4 ppt.

Potencial de hidrógeno pH.

El monitoreo de pH es crucial debido a que de esta manera podemos verificar el cumplimiento de la legislación ambiental vigente, acuerdo 097-A permitiéndonos comparar las muestras iniciales con las muestras debidamente desalinizadas.

Tabla 21.

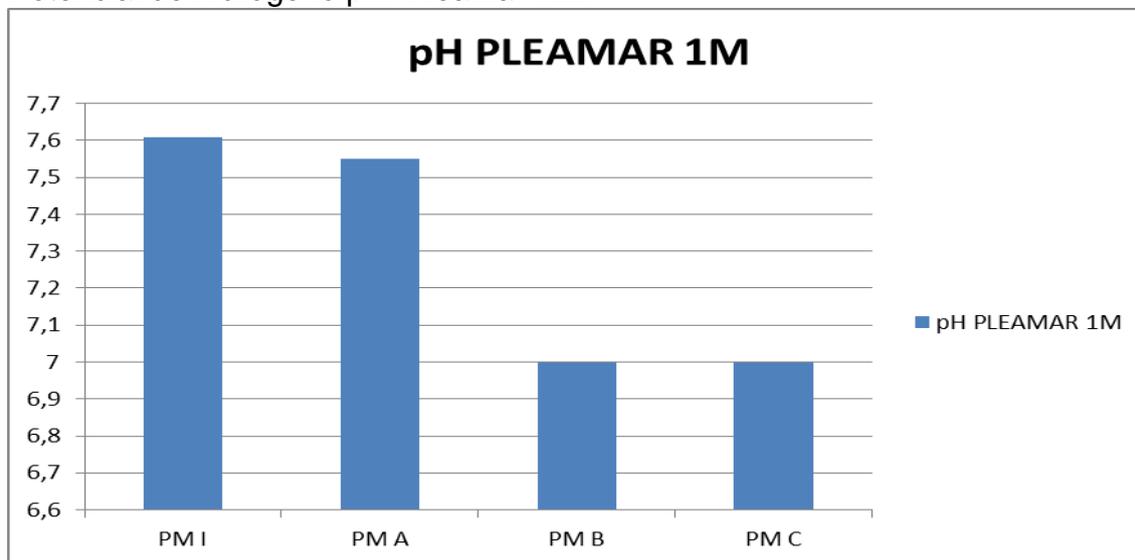
Datos promedios de pH Pleamar 1m y 2m

	pH PLEAMAR			
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	7.61 pH	7.55 pH	7.00 pH	7.00 Ph
2 M	7.78 pH	7.00 pH	7.56 pH	7.00 pH

Los datos corresponden a los análisis de potencial de hidrógeno en cada una de las muestras de pleamar.
Granja, 2019

Gráfico 17.

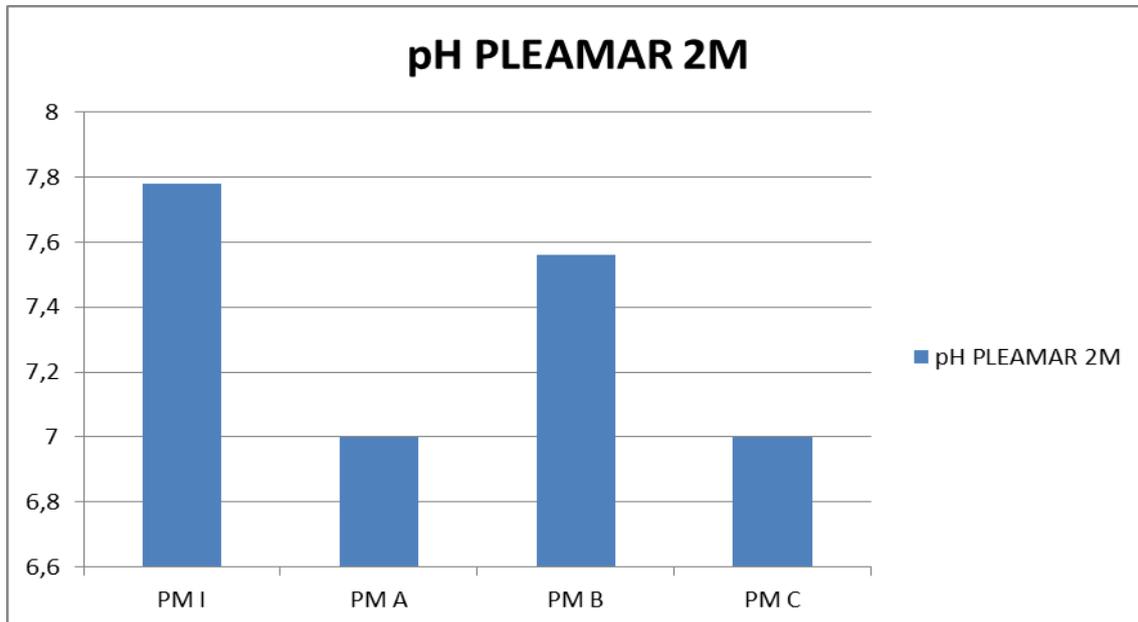
Potencial de hidrógeno pH Pleamar 1m.



Niveles de potencial de hidrógeno pH alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar a 1 milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC.
Granja 2019.

Gráfico 18.

Potencial de hidrógeno pH Pleamar 2m.



Niveles de potencial de hidrógeno pH alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar a 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestra en las que se obtuvo el mejor índice de potencial de hidrogeno pH son; PM A 2m, PM B 1m y PMC 1m, 2m con 7.00 ph neutro.

Tabla 22.

Datos promedios de pH Bajamar 1m y 2m

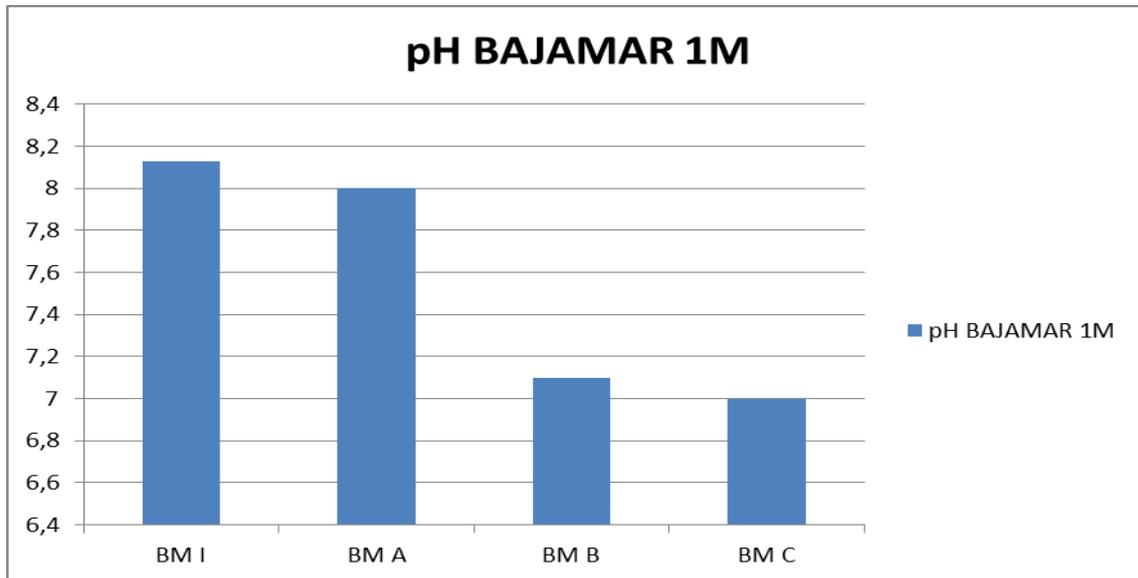
	pH BAJAMAR			
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	8.13 pH	8.00 pH	7.10 pH	7.00 pH
2 M	8.25 pH	7.90 pH	7.50 pH	8.00 pH

Los datos corresponden a los análisis de potencial de hidrógeno en cada una de las muestras de bajamar.

Granja, 2019

Gráfico 19.

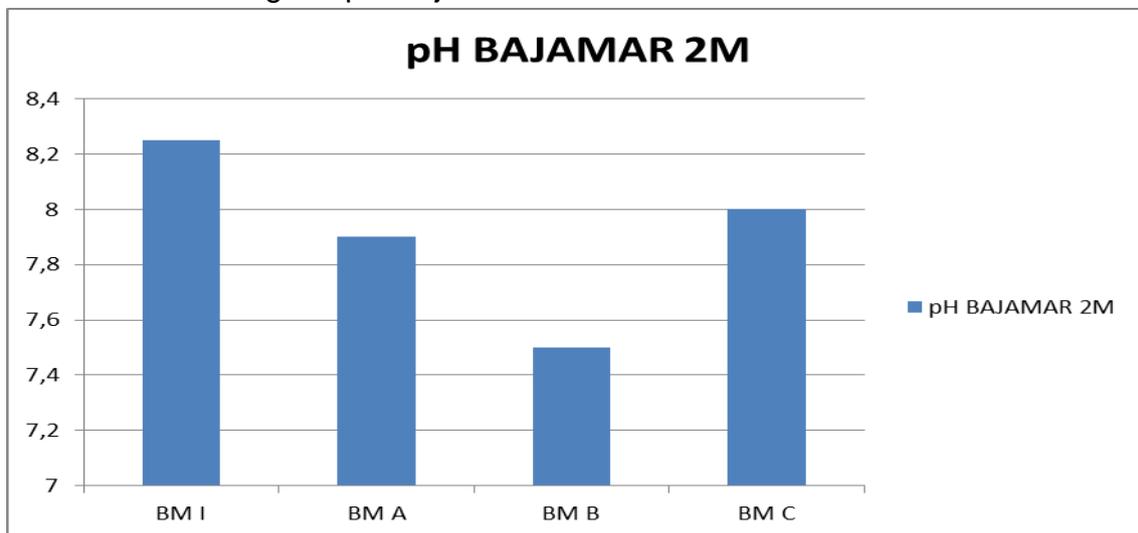
Potencial de hidrógeno pH Bajamar 1m.



Niveles de potencial de hidrógeno pH alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar a 1 milla, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BMC. Granja 2019.

Gráfico 20.

Potencial de hidrógeno pH Bajamar 2m.



Niveles de potencial de hidrógeno pH alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar a 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BMC. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar

Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de potencial de hidrogeno pH es; PMC 1m con 7,00 pH neutro.

Sólidos totales disueltos (SDT).

Mediante este análisis determinamos el número de miligramos del residuo que quedo después de haber evaporado las muestra, mediante el método de desalinización (Solar Still) con la técnica de batea de agua de. El agua se evapora y el residuo se lleva hasta 180°C. El resultado se reporta en mg/L.

DeZuane & Wiley, (1997) señalan que los SDT incluyen las sales, los minerales, los metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico menor a 1,5 micras o que se disuelve en el agua.

Tabla 23.

Datos promedios de Solidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 1m y 2m

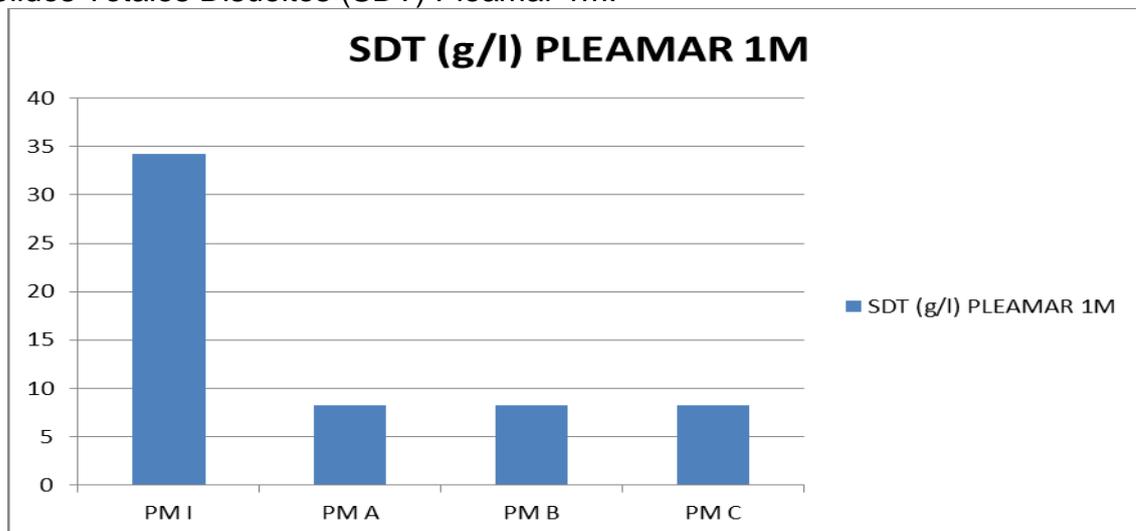
SDT (g/l) PLEAMAR				
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	34.2 mg/l	8.22 mg/l	8.22 mg/l	8.21 mg/l
2 M	33.6 mg/l	8.26 mg/l	8.26 mg/l	9.49 mg/l

Los datos corresponden a los análisis de sólidos totales disueltos en cada una de las muestras de pleamar.

Granja, 2019

Gráfico 21.

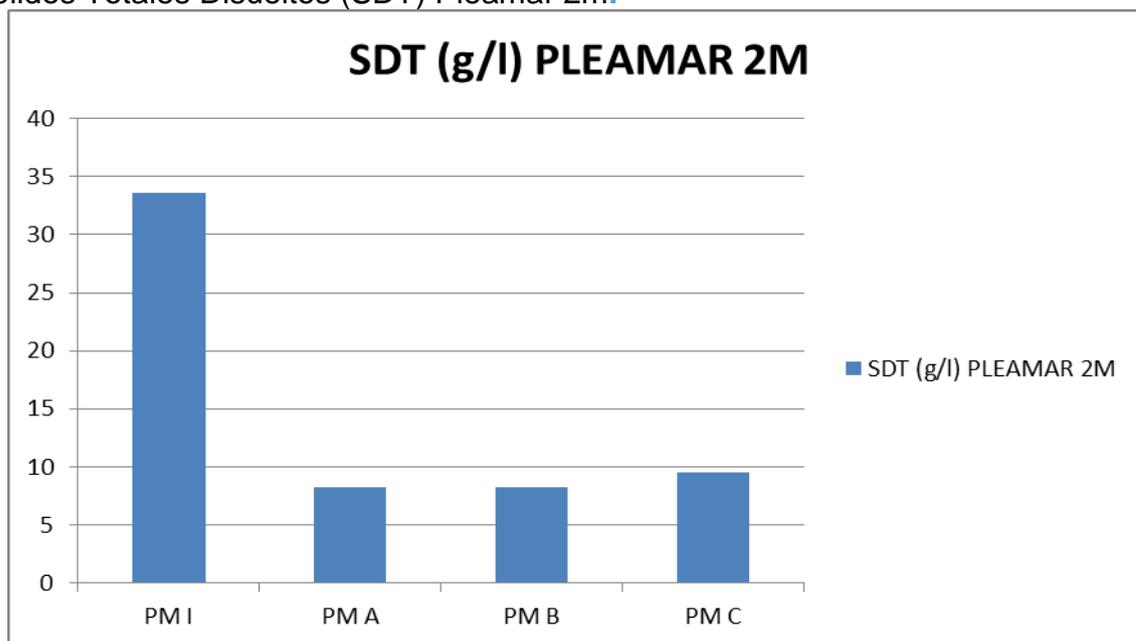
Sólidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 1m.



Niveles de sólidos totales disueltos (SDT) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 1 milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC.
Granja 2019.

Gráfico 22.

Sólidos Totales Disueltos (SDT) Pleamar 2m.



Niveles de sólidos totales disueltos (SDT) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PMC. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de Sólidos Totales Disueltos es; PMC 1m con 8,21 mg/l.

Tabla 24.

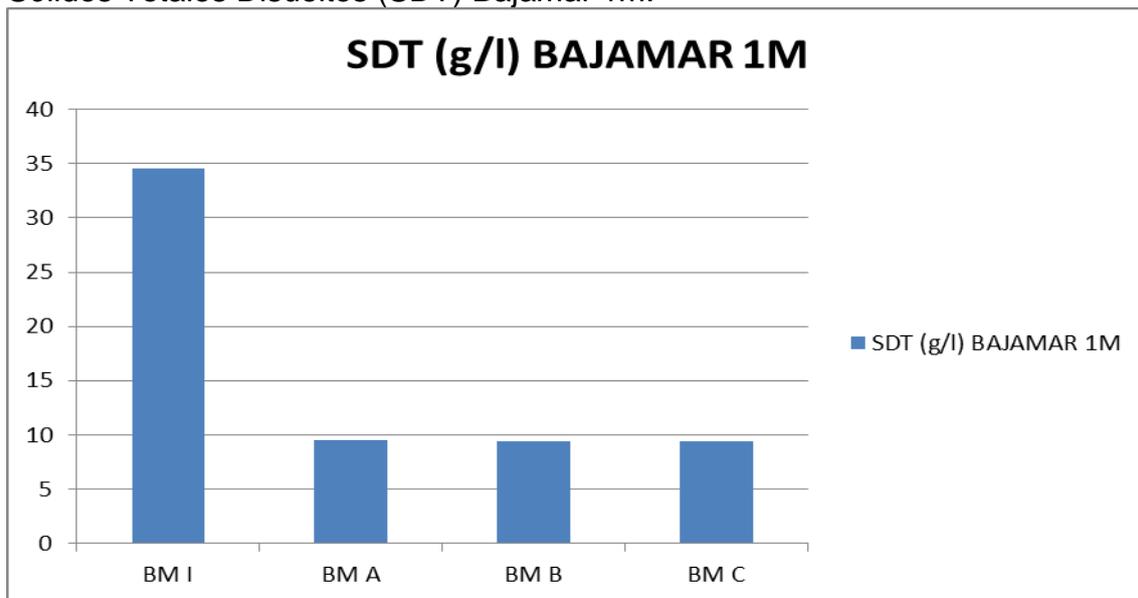
Datos promedios de Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 1m y 2m

	SDT (g/l) BAJAMAR			
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	34.6 mg/L	9.48 mg/L	9.42 mg/L	9.42 mg/L
2 M	34.1 mg/L	9.25 mg/L	9.30 mg/L	9.28 mg/L

Los datos corresponden a los análisis de sólidos totales disueltos en cada una de las muestras de bajamar. Granja, 2019.

Gráfico 23.

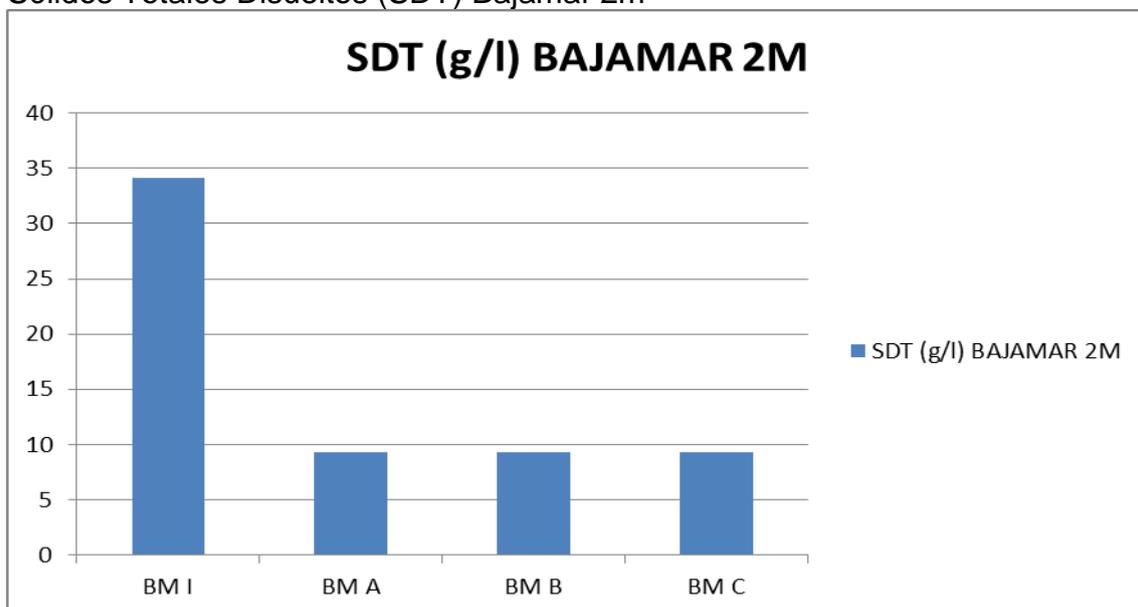
Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 1m.



Niveles de sólidos totales disueltos (SDT) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 1 milla, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja, 2019.

Gráfico 24.

Sólidos Totales Disueltos (SDT) Bajamar 2m



Niveles de sólidos totales disueltos (SDT) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar

Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de Sólidos Totales Disueltos es; PMA 2m con 9,25 mg/l.

Turbidez (NTU).

Mediante los análisis de este monitoreo determinamos la medición de la luz transmitida a través de una suspensión, teniendo la ventaja de permitir la valorización cuantitativa, sin separar el producto de la solución. Las mediciones, pueden se efectuaron mediante un espectrofotómetro.

Tabla 25.

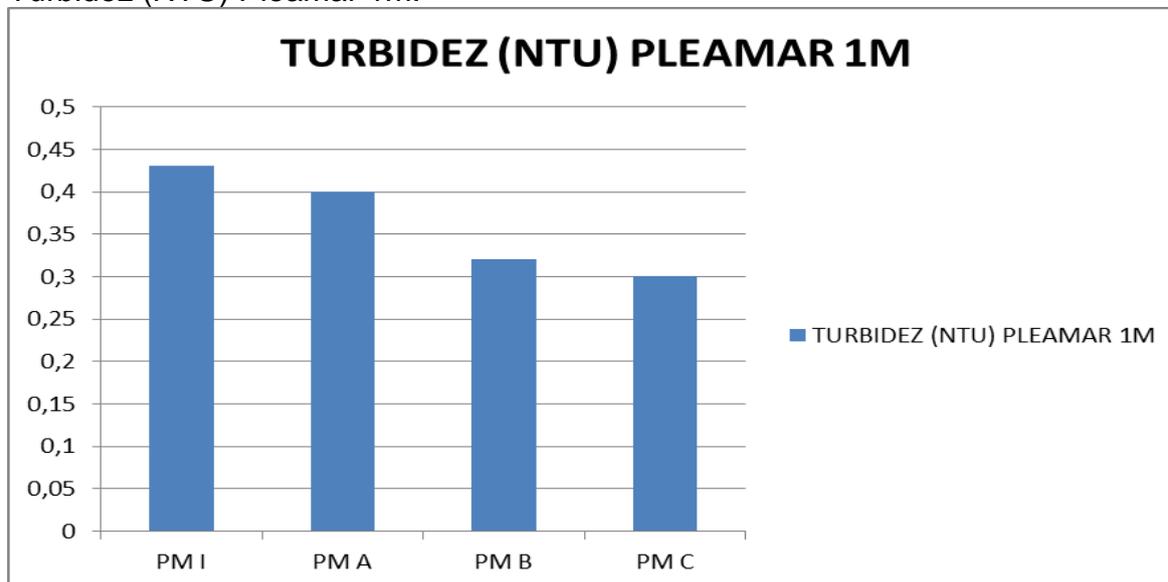
Datos promedios de turbidez Pleamar 1m y 2m

TURBIDEZ (NTU) PLEAMAR				
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	0.43 NTU	0.40 NTU	0.32 NTU	0.30 NTU
2 M	0.46 NTU	0.40 NTU	0.33 NTU	0.36 NTU

Los datos corresponden a los análisis de turbidez en cada una de las muestras de pleamar. Granja, 2019

Gráfico 25.

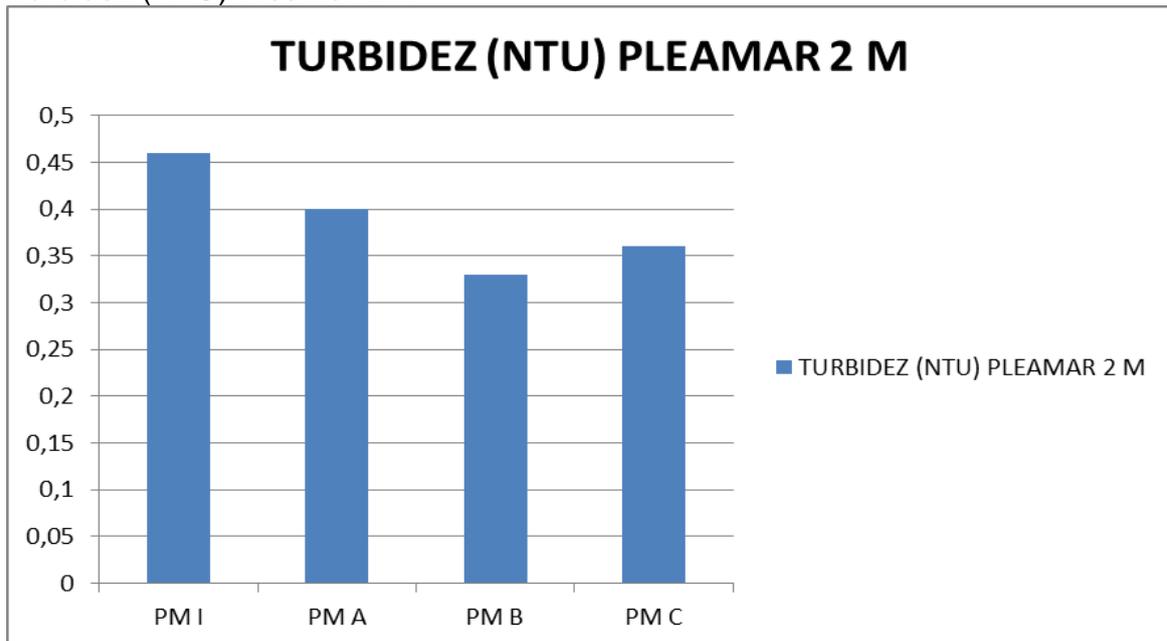
Turbidez (NTU) Pleamar 1m.



Niveles de turbidez (NTU) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 1 milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C. Granja, 2019.

Gráfico 26.

Turbidez (NTU) Pleamar 2m.



Niveles de turbidez (NTU) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que la muestra en la que se obtuvo el mejor índice de turbidez es; PMC 1m con 0,30 NTU.

Tabla 26.

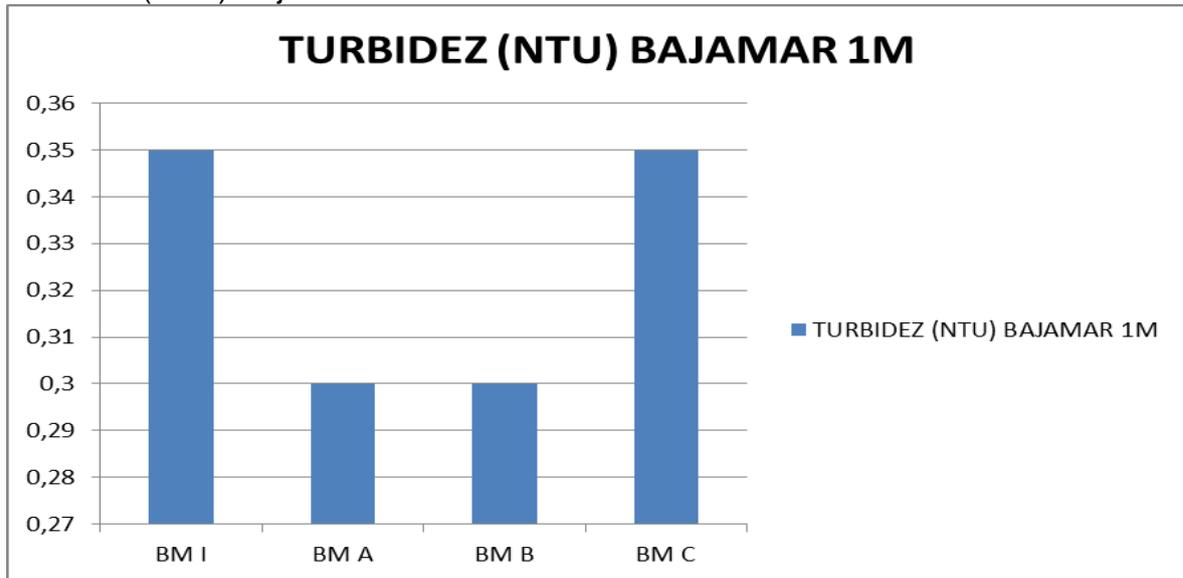
Datos promedios de turbidez Bajamar 1m y 2m.

TURBIDEZ (NTU) BAJAMAR				
	BM I	BM A	BM B	BM C
1 M	0.35 NTU	0.30 NTU	0.30 NTU	0.35 NTU
2 M	0.60 NTU	0.35 NTU	0.50 NTU	0.48 NTU

Los datos corresponden a los análisis de turbidez en cada una de las muestras de bajamar. Granja, 2019.

Gráfico 27.

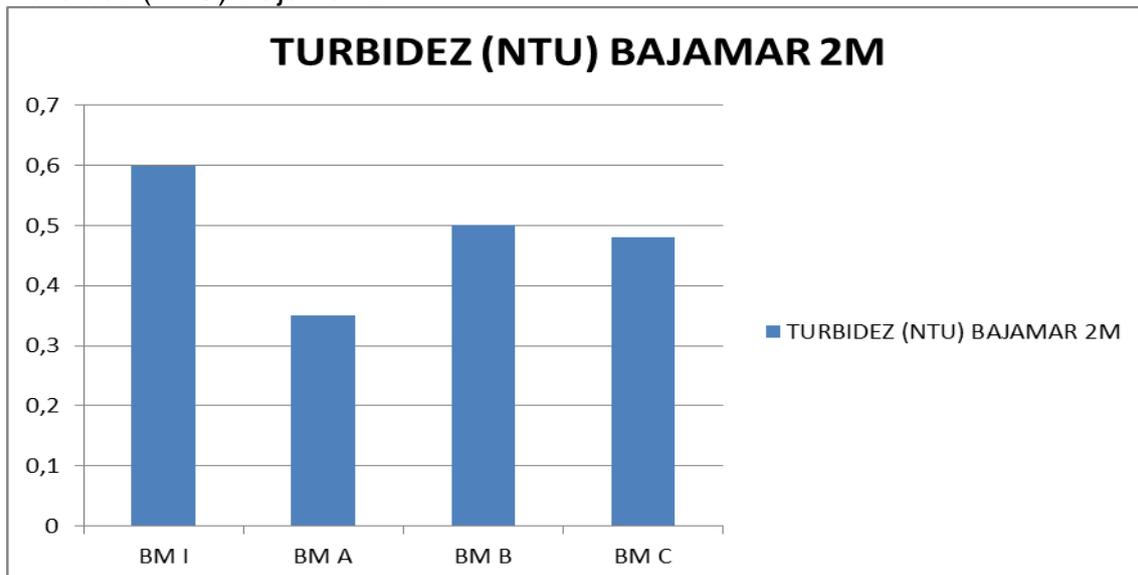
Turbidez (NTU) Bajamar 1m.



Niveles de turbidez (NTU) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 1 milla, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Gráfico 28.

Turbidez (NTU) Bajamar 2m.



Niveles de turbidez (NTU) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Bajamar a 1 milla y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestras en las que se obtuvo el mejor índice de turbidez son; BM A, BM B 1m con 0,30 NTU.

Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$.

El análisis respectivo de este parámetro nos revela la capacidad de la solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos, sus concentraciones absolutas y relativas, su movilidad, su valencia, la temperatura y la viscosidad de la solución. Mediante este parámetro se nos permite estimar el contenido total de constituyentes iónicos en nuestras muestras de agua debidamente desalinizadas.

Tabla 27.

Datos promedios de conductividad eléctrica Pleamar 1m y 2m.

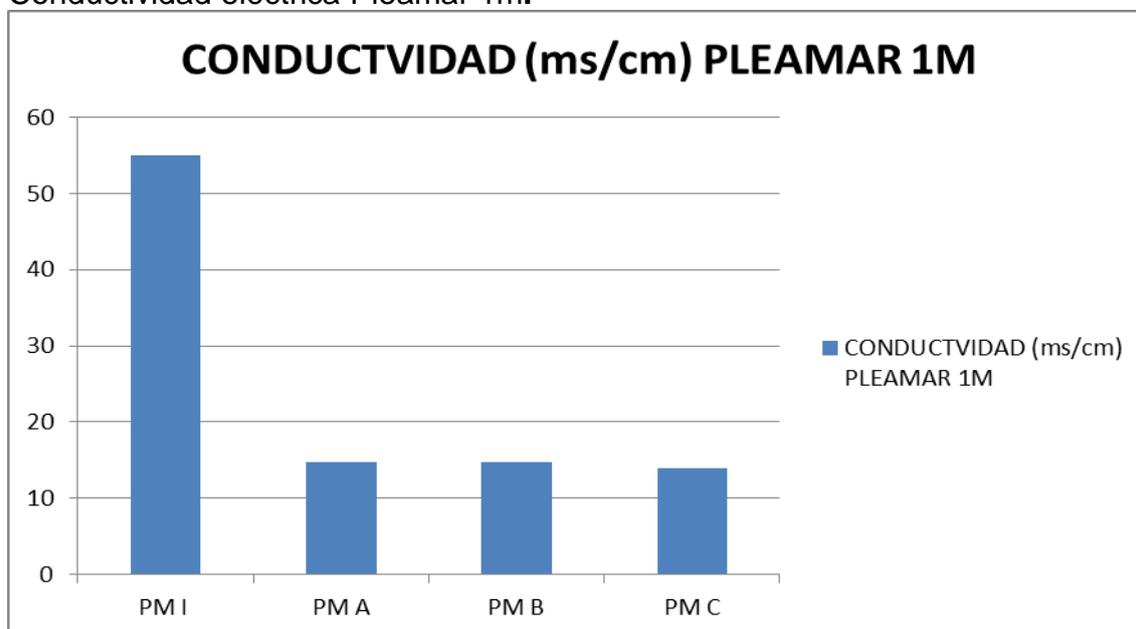
CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) PLEAMAR				
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	55.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.60 $\mu\text{S}/\text{cm}$
2 M	53.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.81 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Los datos corresponden a los análisis de conductividad eléctrica en cada una de las muestras de pleamar.

Granja, 2019.

Gráfico 29.

Conductividad eléctrica Pleamar 1m.

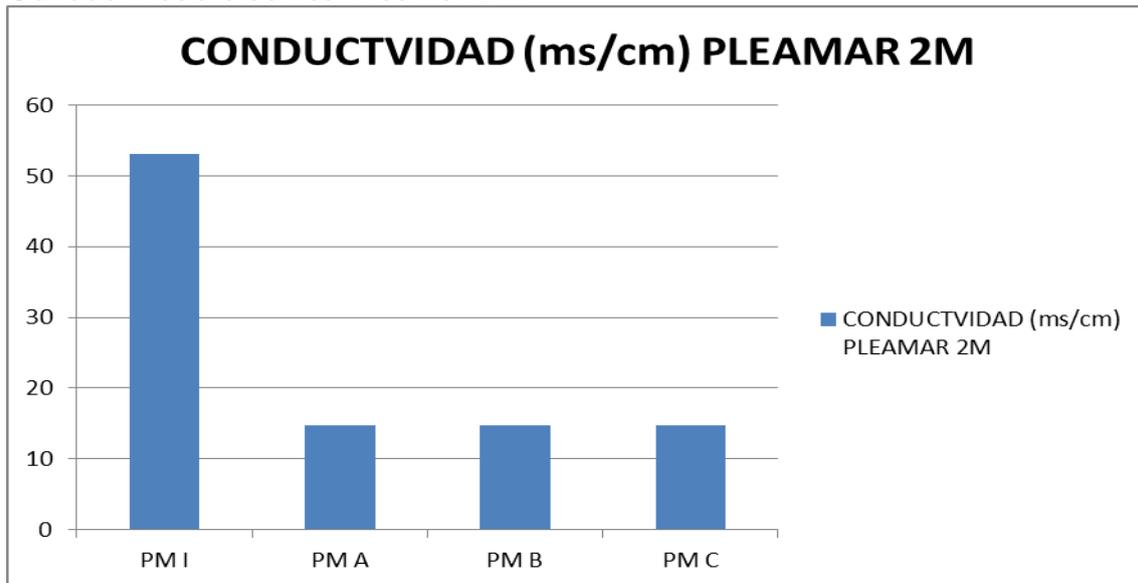


Niveles de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 1 milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C.

Granja 2019.

Gráfico 30.

Conductividad eléctrica Pleamar 2m.



Niveles de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestras en las que se obtuvo el mejor índice de conductividad eléctrica es; PM C 1m con 14,60 ms/cm.

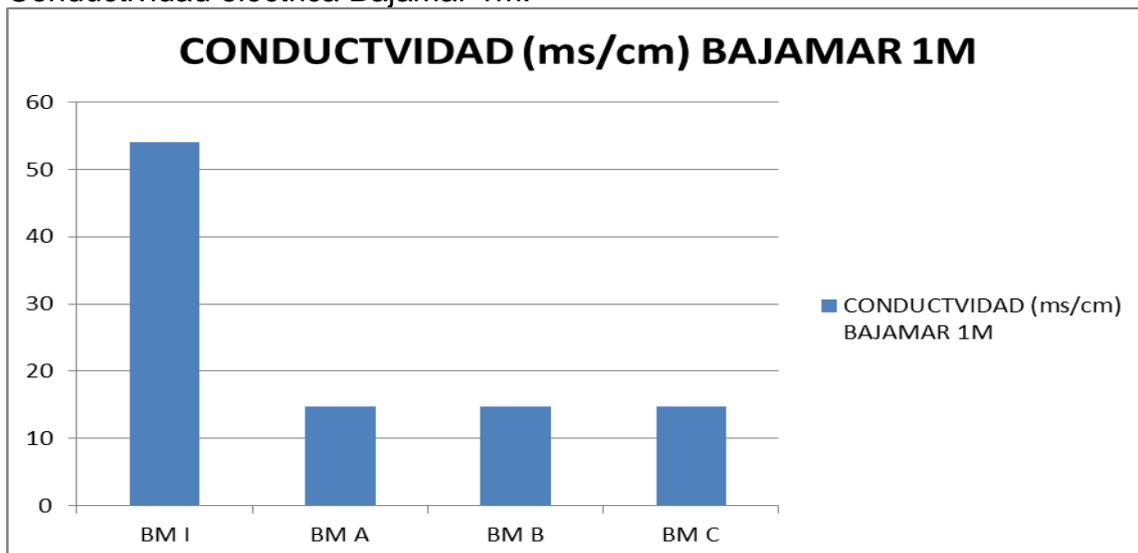
Tabla 28.

Datos promedios de conductividad eléctrica Bajamar 1m y 2m.

	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$) BAJAMAR			
	BM I	BM A	BM B	BM C
1 M	54.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.81 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.68 $\mu\text{S}/\text{cm}$
2 M	53.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.41 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.49 $\mu\text{S}/\text{cm}$	14.46 $\mu\text{S}/\text{cm}$

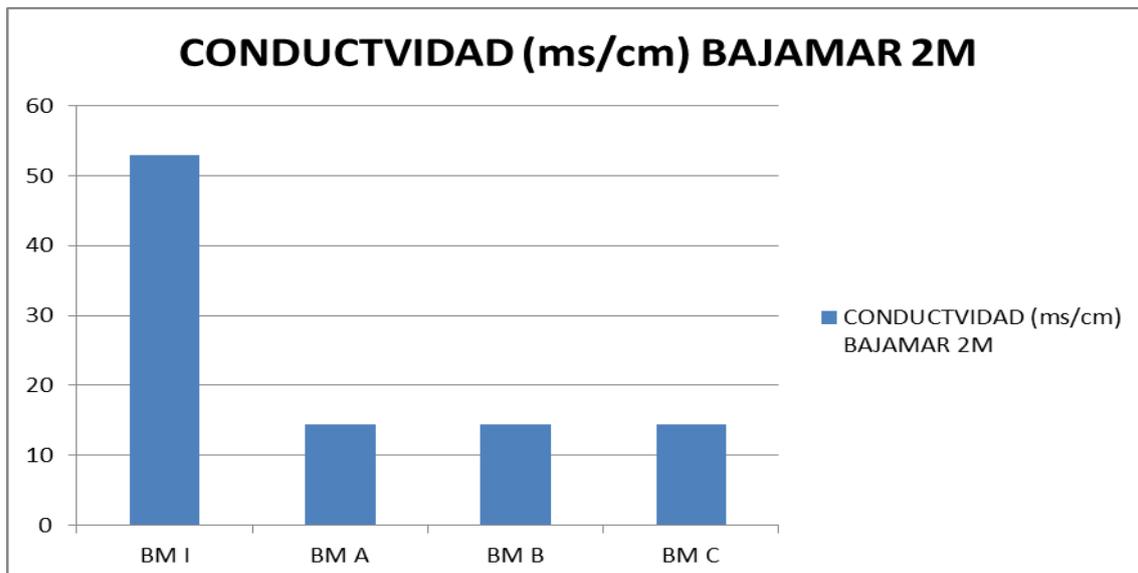
Los datos corresponden a los análisis de conductividad eléctrica en cada una de las muestras de bajamar. Granja, 2019.

Gráfico 31.
Conductividad eléctrica Bajamar 1m.



Niveles de conductividad eléctrica (ms/cm) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 1 milla, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Gráfico 32.
Conductividad eléctrica Bajamar 2m.



Niveles de conductividad eléctrica (ms/cm) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Bajamar a 1 y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestras en las que se obtuvo el mejor índice de conductividad eléctrica es; BM A 2m con 14,41 ms/cm.

Coliformes totales.

Este parámetro permite medir los semáforos de contaminación bacteriana, fecal y bioquímicas relevantes, como indicadores en el control de la calidad de nuestra agua debidamente desalinizada.

Tabla 29.

Datos promedios de coliformes totales Pleamar 1m y 2m.

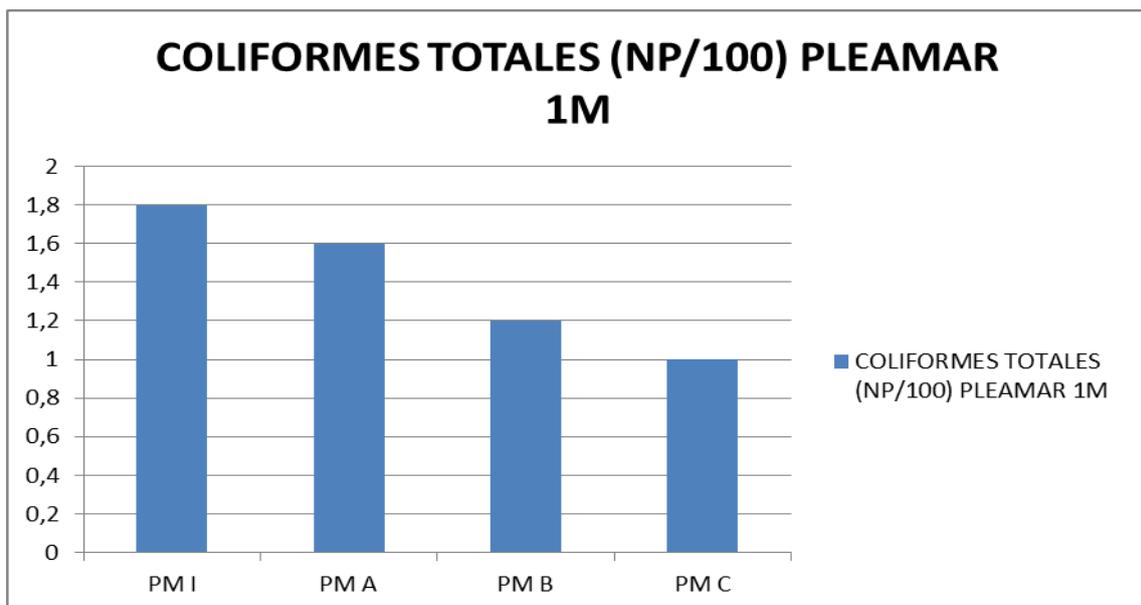
COLIFORMES TOTALES (NP/100) PLEAMAR				
	PM I	PM A	PM B	PM C
1 M	<1.8 NMP/100ml	<1.6 NMP/100ml	<1.2 NMP/100ml	<1.0 NMP/100ml
2 M	<1.8 NMP/100ml	<1.5 NMP/100ml	<1.0 NMP/100ml	<1.0 NMP/100ml

Los datos corresponden a los análisis de coliformes totales en cada una de las muestras de pleamar.

Granja, 2019.

Gráfico 33.

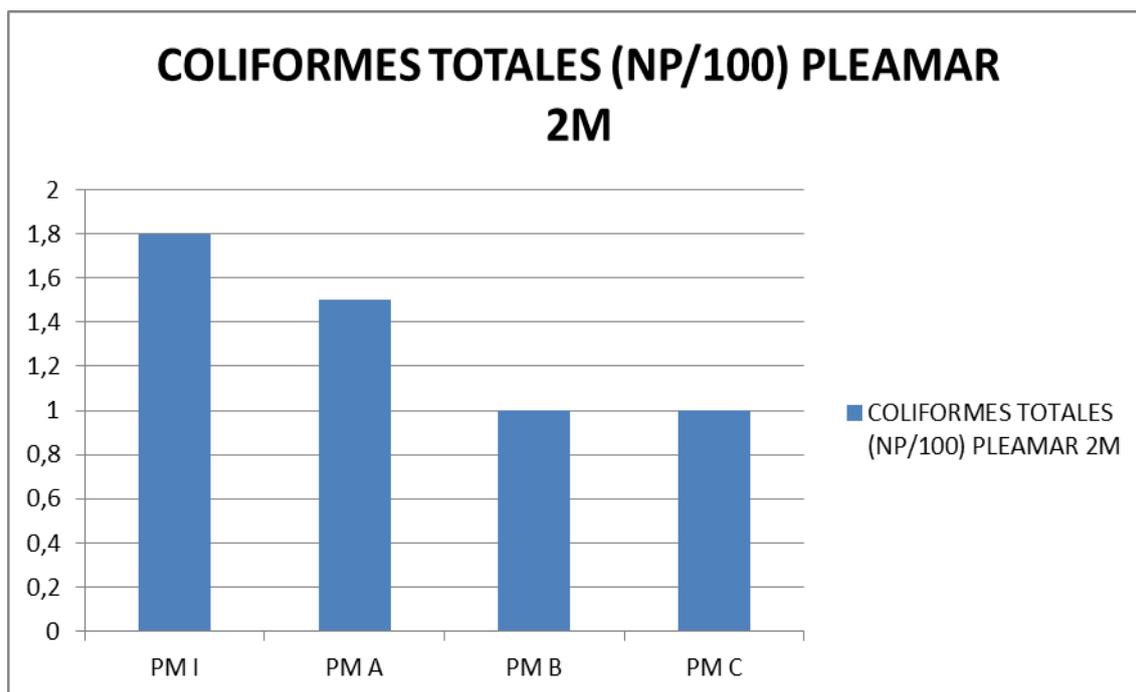
Coliformes totales Pleamar 1m.



Niveles de coliformes totales (NP/100) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 1 milla, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C. Granja 2019.

Gráfico 34.

Coliformes totales Pleamar 2m.



Niveles de coliformes totales (NP/100) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Pleamar 2 millas, PM I (Pleamar Muestra Inicial) y PM A, PM B, PM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestras en las que se obtuvo el mejor índice de coliformes totales son; PM B 2m, PMC 1 y 2m con <1.0 NMP/100ml.

Tabla 30.

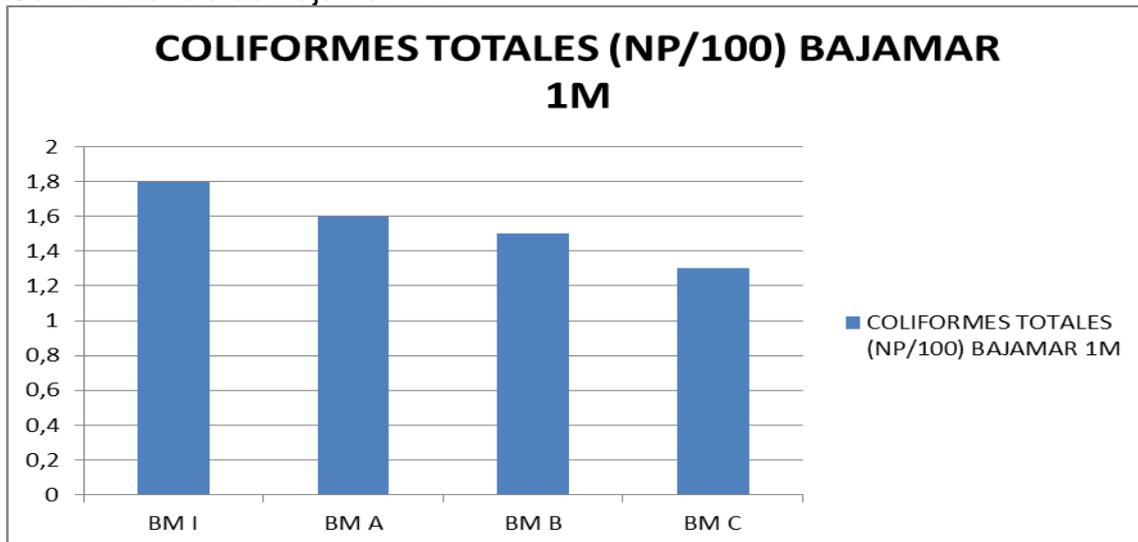
Datos promedios de coliformes totales Bajamar 1m y 2m.

COLIFORMES TOTALES (NP/100) BAJAMAR				
	BM I	BM A	BM B	BM C
1 M	<1.8 NMP/100ml	<1.6 NMP/100ml	<1.5 NMP/100ml	<1.3 NMP/100ml
2 M	<1.8 NMP/100ml	<1.6 NMP/100ml	<1.0 NMP/100ml	<1.0 NMP/100ml

Los datos corresponden a los análisis de coliformes totales en cada una de las muestras de bajamar. Granja, 2019.

Gráfico 35.

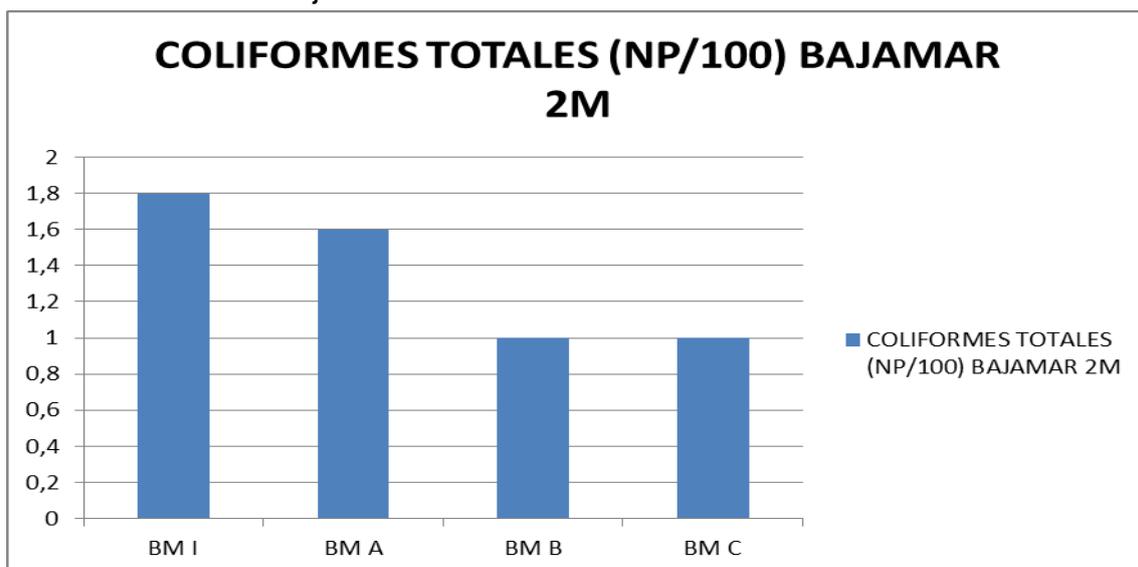
Coliformes totales Bajamar 1m



Niveles de coliformes totales (NP/100) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Gráfico 36.

Coliformes totales Bajamar 2m.



Niveles de coliformes totales (NP/100) alcanzados con las muestras debidamente desalinizadas de Bajamar 2 millas, BM I (Bajamar Muestra Inicial) y BM A, BM B, BM C. Granja 2019.

Los resultados obtenidos mediante las muestras alzadas en Pleamar a 1 y 2 millas en las cuales se aplicó el método de desalinización térmica (Solar Still) nos permite observar que las muestras en las que se obtuvo el mejor índice de coliformes totales son; BM B y BM C 2m con <math><1.0\text{ NMP}/100\text{ml}</math>.

4.3. Prueba media de Tukey al 5% mediante la aplicación Minitab de cada parámetro en las muestras desalinizadas.

La zona marino costera del puerto Santa Rosa provincia de Santa Elena se escogió como zona de toma de muestras durante los periodos de tiempo de pleamar y bajamar, posteriormente estos ejemplares fueron debidamente desalinizados mediante el método (Solar Still) con la técnica de batea, proceso que fue realizado desde el 1 de abril del 2019 hasta el jueves 4 del mismo mes.

Los análisis de nuestros ejemplares debidamente desalinizados se realizaron con potenciómetro, equipo multiparametro, colorímetro y pHmetro, colocando nuestras 4 muestras cada una con replica de 3 en los debidos equipos, basándonos en nuestro análisis estadístico Diseño Completamente al Azar determinamos las diferencias significativas entre los tratamientos (si la primera es lo suficientemente alta según la distribución), dichos valores arrojados fueron ingresados a la aplicación minitab donde mediante el método ANOVA creamos los intervalos de confianza para todas las diferencias y así obtener nuestro rango de efectividad del 95% y nuestro margen de error o media de Tukey al 5%

A continuación, se muestra la lectura de las tablas que nos arrojó minitab ante los resultados, donde se observan los promedios de los análisis de los cuatro ejemplares monitoreados mediante el proceso de desalinización, siendo constante el número de repeticiones en todos los tratamientos.

Gráfico 37.

Tasa de recolección, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	3	1,537	0,512	3,20	0,084
Error	8	1,280	0,160		
Total	11	2,817			

S = 0,4 R-cuad. = 54,56% R-cuad.(ajustado) = 37,51%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	
1M.PM_6	3	7,9667	0,5774	(-----*-----)
2M.PM_6	3	7,9333	0,4163	(-----*-----)
1M.BM_6	3	7,4667	0,3055	(-----*-----)
2M.BM_6	3	7,1000	0,2000	(-----*-----)

7,00 7,50 8,00 8,50

Desv.Est. agrupada = 0,4000

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 98,74%

Se restó 1M.PM_6 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.PM_6	-1,0795	-0,0333	1,0128	(-----*-----)
1M.BM_6	-1,5462	-0,5000	0,5462	(-----*-----)
2M.BM_6	-1,9128	-0,8667	0,1795	(-----*-----)

-1,0 0,0 1,0 2,0

Se restó 2M.PM_6 a:

	Inferior	Centro	Superior	
1M.BM_6	-1,5128	-0,4667	0,5795	(-----*-----)
2M.BM_6	-1,8795	-0,8333	0,2128	(-----*-----)

-1,0 0,0 1,0 2,0

Se restó 1M.BM_6 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.BM_6	-1,4128	-0,3667	0,6795	(-----*-----)

-1,0 0,0 1,0 2,0

Granja, 2019

Tabla 31.

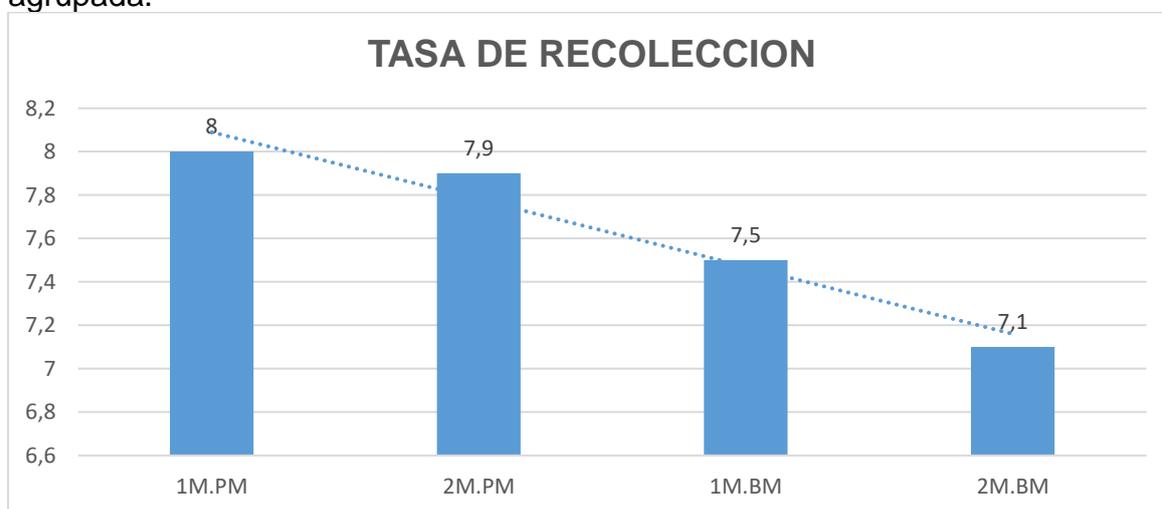
Tasa de recolección, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

TASA DE RECOLECCION			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
8,3 lts	8,4 lts	7,2 lts	7,1 lts
7,3 lts	7,8 lts	7,8 lts	7,3 lts
8,3 lts	7,6 lts	7,4 lts	6,9 lts
8,0 lts	7,9 lts	7,5 lts	7,1

Granja, 2019.

Gráfico 38.

Tasa de recolección, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas en la tasa de recolección de agua por punto de monitoreo.

Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

Los resultados obtenidos manifiestan que el nivel mínimo de la tasa de recolección de agua de mar debidamente desalinizada se presenta en la muestra de Bajamar 2 millas (2M-BM) 7,1 lts por los 4 días de desalinización debido a los días poco solados (días con sombra) y el nivel más alto de la tasa de recolección se presentó en la muestra Pleamar 1 milla (1M-PM) con 8 lts durante los 4 días debido a la mayor exposición solar (días soleados).

Tabla 32.

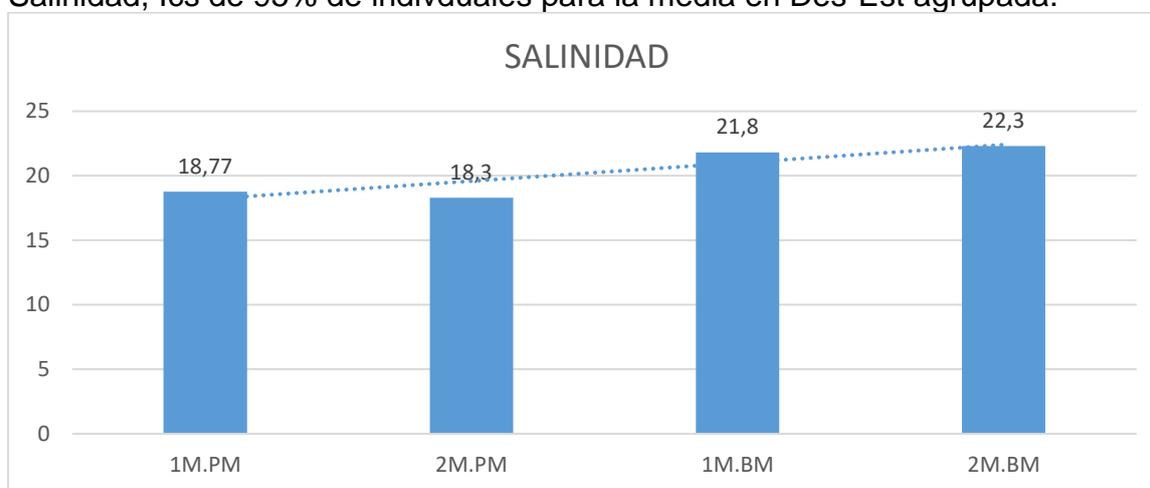
Salinidad, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

SALINIDAD			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
33,2 ppt	33,1 ppt	33,6 ppt	33,9 ppt
15,4 ppt	14,6 ppt	20,4 ppt	25,3 ppt
13,7 ppt	15,1 ppt	17,7 ppt	15,6 ppt
12,8 ppt	10,4 ppt	15,5 ppt	14,4 ppt
18,77 ppt	18,3 ppt	21,8 ppt	22,3 ppt

Granja, 2019.

Gráfico 40.

Salinidad, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de salinidad por punto de monitoreo.

Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo alcanzado de salinidad es manifestado en la muestra de Pleamar 2 millas (2M.PM) con 18,3 ppt, mientras que el nivel más alto de salinidad se presenta en la muestra Bajamar 2 millas (2M.BM) con 22,3 ppt. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de salinidad de las aguas para actividad doméstica es de un rango de aceptación de 40,0 ppt, es decir que los datos obtenidos están por debajo del rango de fiabilidad respectivamente.

Gráfico 41.

Potencial de hidrogeno pH, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	3	0,970	0,323	1,81	0,199
Error	12	2,147	0,179		
Total	15	3,117			

S = 0,4230 R-cuad. = 31,12% R-cuad.(ajustado) = 13,90%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	
1M.PM_3	4	7,2900	0,3358	(-----*-----)
2M.PM_3	4	7,3350	0,3971	(-----*-----)
1M.BM_3	4	7,5575	0,5898	(-----*-----)
2M.BM_3	4	7,9125	0,3119	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
7,20 7,60 8,00 8,40

Desv.Est. agrupada = 0,4230

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 98,83%

Se restó 1M.PM_3 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.PM_3	-0,8432	0,0450	0,9332	(-----*-----)
1M.BM_3	-0,6207	0,2675	1,1557	(-----*-----)
2M.BM_3	-0,2657	0,6225	1,5107	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0,80 0,00 0,80 1,60

Se restó 2M.PM_3 a:

	Inferior	Centro	Superior	
1M.BM_3	-0,6657	0,2225	1,1107	(-----*-----)
2M.BM_3	-0,3107	0,5775	1,4657	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0,80 0,00 0,80 1,60

Se restó 1M.BM_3 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.BM_3	-0,5332	0,3550	1,2432	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----+
-0,80 0,00 0,80 1,60

Granja, 2019.

Tabla 33.

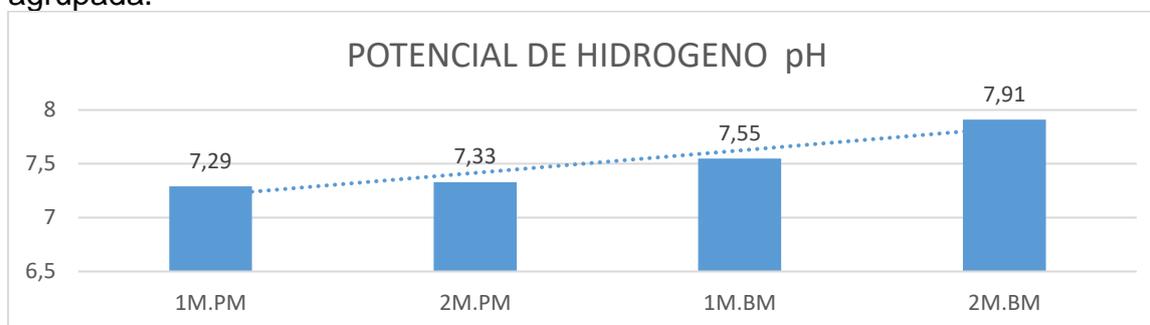
Potencial de hidrógeno pH, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

POTENCIAL DE HIDROGENO pH			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
7,61 pH	7,78 pH	8,13 pH	8,25 Ph
7,55 pH	7 pH	8 pH	7,9 pH
7 pH	7,56 pH	7,1 pH	7,5 Ph
7 pH	7 pH	7 pH	8 pH
7,29 pH	7,33 pH	7,55 pH	7,91 pH

Granja, 2019.

Gráfico 42.

Potencial de hidrógeno pH, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de potencial de hidrógeno pH por punto de monitoreo.
Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo alcanzado de potencial de hidrogeno pH es manifestado en las muestras de Pleamar 1 milla (1M.PM) con 7,29 pH, mientras que el nivel más alto de salinidad se presenta en la muestra Bajamar 2 millas (2M.BM) con 7,91 pH. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de potencial de hidrogeno pH de las aguas para actividad doméstica es de un rango de aceptación de 6–9 pH es decir que los datos obtenidos están dentro del rango de fiabilidad respectivamente.

Gráfico 43.**Sólidos totales disueltos SDT, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	3	3	1	0,01	0,999
Error	12	1910	159		
Total	15	1913			

S = 12,62 R-cuad. = 0,14% R-cuad.(ajustado) = 0,00%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	
1M.PM_2	4	14,71	12,99	(-----*-----)
2M.PM_2	4	14,90	12,48	(-----*-----)
1M.BM_2	4	15,73	12,58	(-----*-----)
2M.BM_2	4	15,48	12,41	(-----*-----)

8,0 16,0 24,0 32,0

Desv.Est. agrupada = 12,62

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 98,83%

Se restó 1M.PM_2 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.PM_2	-26,31	0,19	26,69	(-----*-----)
1M.BM_2	-25,48	1,02	27,51	(-----*-----)
2M.BM_2	-25,73	0,77	27,27	(-----*-----)

-15 0 15 30

Se restó 2M.PM_2 a:

	Inferior	Centro	Superior	
1M.BM_2	-25,67	0,83	27,32	(-----*-----)
2M.BM_2	-25,92	0,58	27,08	(-----*-----)

-15 0 15 30

Se restó 1M.BM_2 a:

	Inferior	Centro	Superior	
2M.BM_2	-26,74	-0,25	26,25	(-----*-----)

-15 0 15 30

Granja, 2019.

Tabla 34.

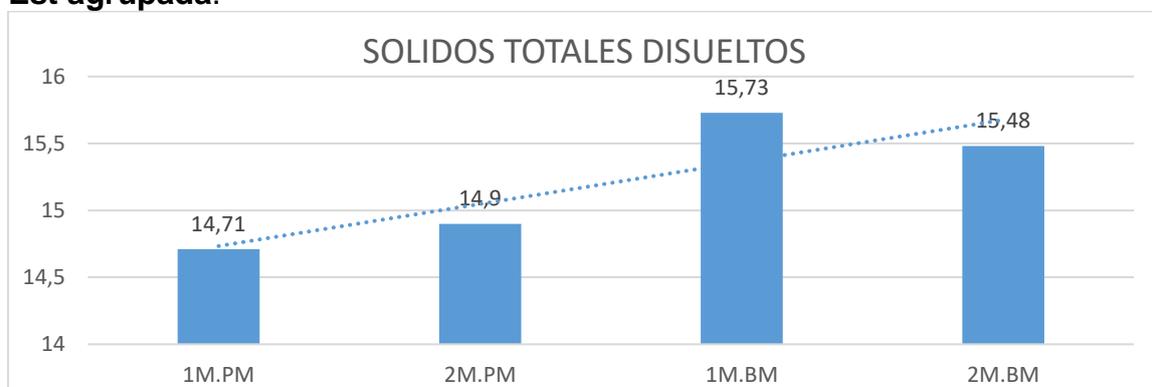
Sólidos totales disueltos, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

SOLIDOS TOTALES DISUELTOS SDT			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
34,2 mg/l	33,6 mg/l	34,6 mg/l	34,1 mg/l
8,22 mg/l	8,26 mg/l	9,48 mg/l	9,25 mg/l
8,22 mg/l	8,26 mg/l	9,42 mg/l	9,3 mg/l
8,21 mg/l	9,49 mg/l	9,42 mg/l	9,28 mg/l
14,71 mg/l	14,90 mg/l	15,73 mg/l	15,48 mg/l

Granja, 2019.

Gráfico 44.

Sólidos totales disueltos, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de sólidos totales disueltos por punto de monitoreo.

Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo alcanzado de sólidos totales disueltos es manifestado en las muestras de Pleamar 1 milla (1M.PM) con 14,71 g/l, mientras que el nivel más alto de salinidad se presenta en la muestra Bajamar 1 milla (1M.BM) con 15,73 g/l. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de sólidos totales disueltos de las aguas para actividad doméstica es de un rango de aceptación de 500 mg/l es decir que los datos obtenidos están por debajo del rango de fiabilidad respectivamente.

Gráfico 45.

Turbidez, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	3	0,05417	0,01806	3,92	0,037
Error	12	0,05533	0,00461		
Total	15	0,10949			

S = 0,06790 R-cuad. = 49,47% R-cuad.(ajustado) = 36,84%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.
1M.PM	4	0,36250	0,06238
2M.PM	4	0,38750	0,05620
1M.BM	4	0,32500	0,02887
2M.BM	4	0,48250	0,10275

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 0,320 0,400 0,480 0,560

Desv.Est. agrupada = 0,06790

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
 Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 98,83%

Se restó 1M.PM a:

	Inferior	Centro	Superior
2M.PM	-0,11759	0,02500	0,16759
1M.BM	-0,18009	-0,03750	0,10509
2M.BM	-0,02259	0,12000	0,26259

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -0,16 0,00 0,16 0,32

Se restó 2M.PM a:

	Inferior	Centro	Superior
1M.BM	-0,20509	-0,06250	0,08009
2M.BM	-0,04759	0,09500	0,23759

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -0,16 0,00 0,16 0,32

Se restó 1M.BM a:

	Inferior	Centro	Superior
2M.BM	0,01491	0,15750	0,30009

-----+-----+-----+-----+
 (-----*-----)
 -----+-----+-----+-----+
 -0,16 0,00 0,16 0,32

Granja, 2019

Tabla 35.

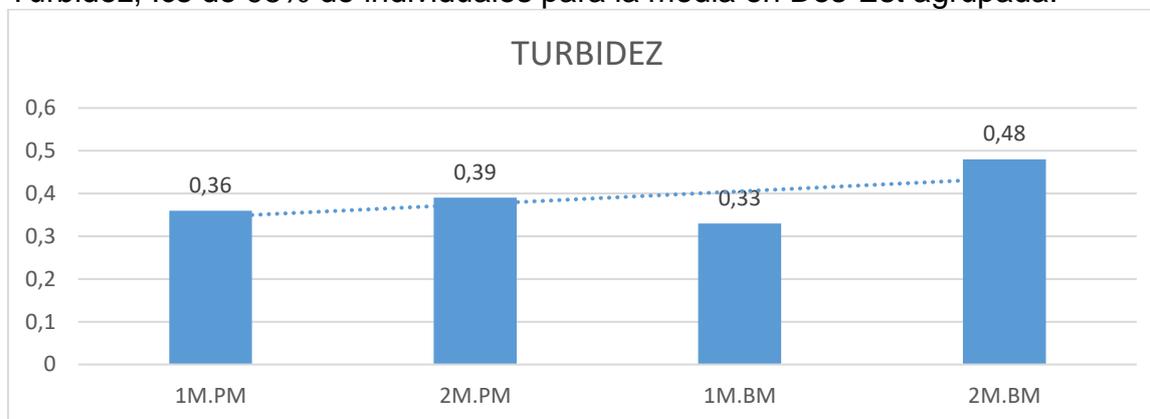
Turbidez, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

TURBIDEZ			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
0,43 NTU	0,46 NTU	0,35 NTU	0,6 NTU
0,4 NTU	0,4 NTU	0,3 NTU	0,35 NTU
0,32 NTU	0,33 NTU	0,3 NTU	0,5 NTU
0,3 NTU	0,36 NTU	0,35 NTU	0,48 NTU
0,36 NTU	0,39 NTU	0,33 NTU	0,48 NTU

Granja, 2019.

Gráfico 46.

Turbidez, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de turbidez por punto de monitoreo.

Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

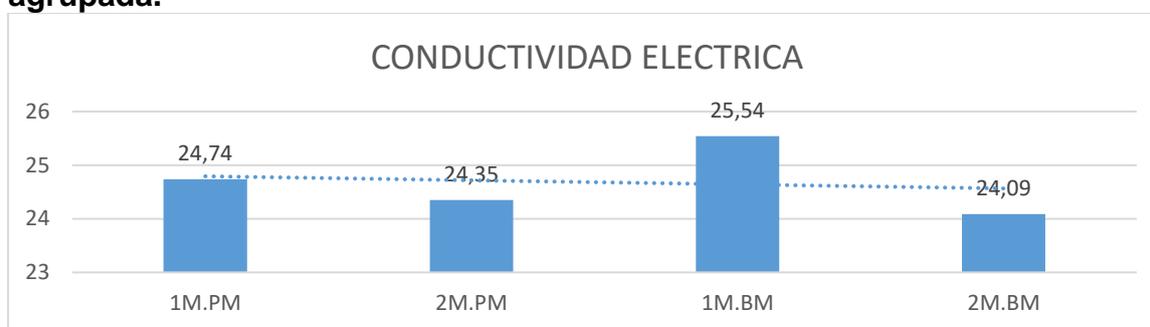
Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo de turbidez es manifestado en las muestras de Bajamar 1 milla (1M-BM) con 0,33 NTU mientras que el nivel más alto de turbidez se presenta en la muestra Bajamar 2 millas (2M-BM) con 0,48 NTU. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de turbiedad de las aguas para actividad doméstica es de 100 NTU, es decir que los datos obtenidos están por debajo del rango de fiabilidad respectivamente.

Tabla 36.
Conductividad eléctrica, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
55 $\mu\text{S/cm}$	53,1 $\mu\text{S/cm}$	54 $\mu\text{S/cm}$	53 $\mu\text{S/cm}$
14,68 $\mu\text{S/cm}$	14,77 $\mu\text{S/cm}$	14,81 $\mu\text{S/cm}$	14,41 $\mu\text{S/cm}$
14,68 $\mu\text{S/cm}$	14,75 $\mu\text{S/cm}$	14,68 $\mu\text{S/cm}$	14,49 $\mu\text{S/cm}$
14,6 $\mu\text{S/cm}$	14,81 $\mu\text{S/cm}$	14,68 $\mu\text{S/cm}$	14,46 $\mu\text{S/cm}$
24,74 $\mu\text{S/cm}$	24,35 $\mu\text{S/cm}$	25,54 $\mu\text{S/cm}$	24,09 $\mu\text{S/cm}$

Granja, 2019.

Gráfico 47.
Conductividad eléctrica, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de conductividad eléctrica por punto de monitoreo.
 Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

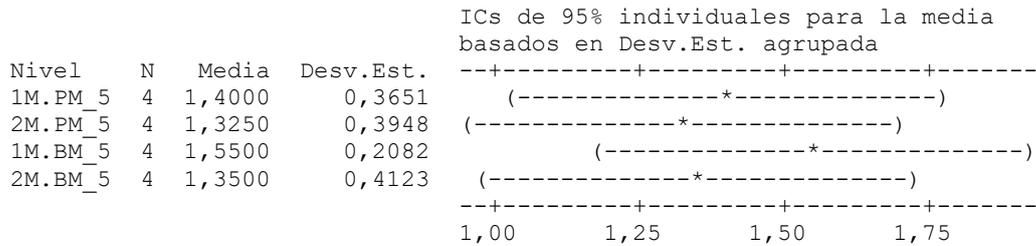
Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo alcanzado de conductividad eléctrica es manifestado en las muestras de Bajamar 2 millas (2M.BM) con 24,09 $\mu\text{S/cm}$, mientras que el nivel más alto de conductividad eléctrica se presenta en la muestra Bajamar 1 milla (1M.BM) con 25,54 $\mu\text{S/cm}$. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de conductividad eléctrica de las aguas para actividad doméstica es de un rango de aceptación de 99,82 $\mu\text{S/cm}$ es decir que los datos obtenidos están por debajo del rango de fiabilidad respectivamente.

Gráfico 48.

Coliformes totales, ANOVA unidireccional: 1M.PM_4; 2M.PM_4; 1M.BM_4; 2M.BM_4

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	3	0,122	0,041	0,32	0,808
Error	12	1,508	0,126		
Total	15	1,629			

S = 0,3544 R-cuad. = 7,48% R-cuad.(ajustado) = 0,00%

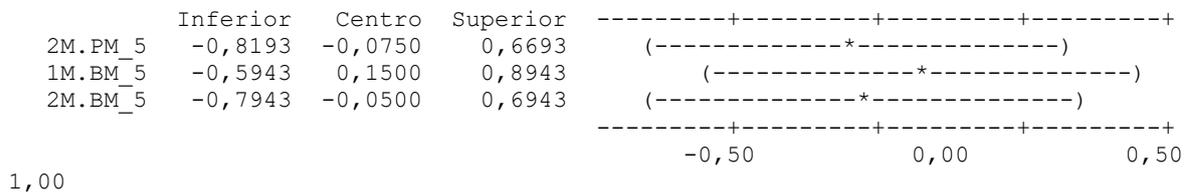


Desv.Est. agrupada = 0,3544

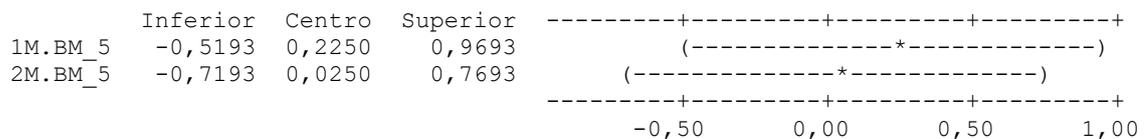
Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%
Todas las comparaciones en parejas

Nivel de confianza individual = 98,83%

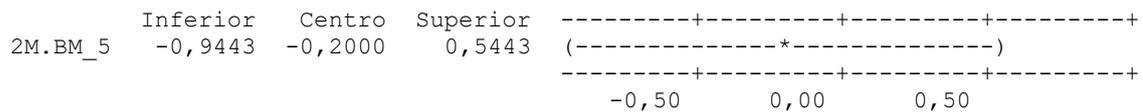
Se restó 1M.PM_5 a:



Se restó 2M.PM_5 a:



Se restó 1M.BM_5 a:



Granja, 2019.

Tabla 37.

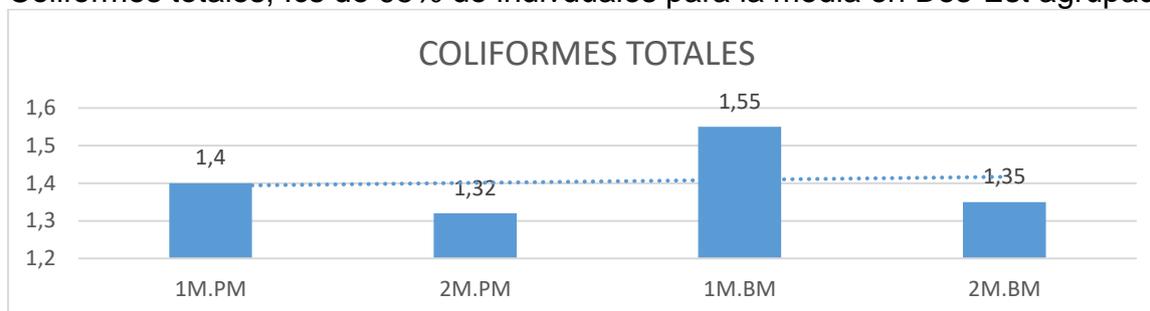
Coliformes totales, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.

COLIFORMES TOTALES			
Pleamar		Bajamar	
1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM
<1,8 NMP/100ml	<1,8 NMP/100ml	<1,8 NMP/100ml	<1,8 NMP/100ml
<1,6 NMP/100ml	<1,5 NMP/100ml	<1,6 NMP/100ml	<1,6 NMP/100ml
<1,2 NMP/100ml	<1 NMP/100ml	<1,5 NMP/100ml	<1 NMP/100ml
<1 NMP/100ml	<1 NMP/100ml	<1,3 NMP/100ml	<1 NMP/100ml
<1,4 NMP/100ml	<1,32 NMP/100ml	<1,55 NMP/100ml	<1,35 NMP/100ml

Granja, 2019.

Gráfico 49.

Coliformes totales, lcs de 95% de individuales para la media en Des-Est agrupada.



Comportamiento de las muestras debidamente desalinizadas ante el parámetro de coliformes totales por punto de monitoreo.

Granja, 2019.

En la gráfica se observa la tendencia de los resultados obtenidos en cada punto, mostrando los diferentes rangos de efectividad por muestras.

Los resultados obtenidos muestran que el nivel mínimo alcanzado de coliformes fecales es manifestado en las muestras de Pleamar 2 millas (2M.PM) con <1,32 NMP/100ml, mientras que el nivel más alto de coliformes fecales se presenta en la muestra Bajamar 1 milla (1M.BM) con <1,55 NMP/100ml. Comparando a lo que establece el Acuerdo Ministerial N°97^a, menciona que el criterio de calidad de coliformes fecales de las aguas para actividad doméstica es de un rango de 2000 NMP/100ml aceptación de es decir que los datos obtenidos están por debajo del rango de fiabilidad respectivamente.

4.4. Calidad del agua desalinizada mediante el cumplimiento de los límites permisibles para agua de consumo humano y domestico según el Acuerdo Ministerial 097-A.

Tabla 38.
Cumplimiento de límites permisibles.

CALIDAD DEL AGUA DESALINIZADA SEGÚN ACUERDO MINISTERIAL 097-A						
Muestras	Pleamar		Bajamar		Unidad	Límite máximo permisible
	1M.PM	2M.PM	1M.BM	2M.BM		
Parámetro						
Salinidad	18,77	18,3	21,8	22,4	Ppt	40
Potencial de Hidrógeno pH	7,29	7,33	7,55	7,91	pH	6-9
Sólidos Totales Disueltos SDT	14,71	14,9	15,73	15,48	mg/l	500
Turbidez	0,36	0,39	0,33	0,48	NTU	100
Conductividad eléctrica	24,74	24,35	25,54	24,04	µS/cm	99,82
Coliformes totales	<1,4	<1,32	<1,55	<1,35	NMP/100ml	2000

5. Discusión

Los parámetros a discutir se refieren específicamente a los datos obtenidos mediante análisis, en lo que respecta al diseño experimental e investigativo con investigaciones similares a la desalinización del agua. De tal modo que, para tener una correcta comparación de cada variable dependiente, debemos tener en cuenta los resultados obtenidos en cada punto con relación a las muestras debidamente desalinizadas.

Es importante comparar los límites permisibles de la normativa ambiental para precisar el comportamiento de cada parámetro y establecer la efectividad del proyecto.

Siendo así que para el desarrollo del presente diseño experimental se tomaron las respectivas muestras de agua de mar de la zona marino costera del puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena teniendo en consideración el estado de la marea (Pleamar, Bajamar) a 1 y 2 millas mar adentro, horario de recolección, características ambientales; físico-químicas y microbiológicas siendo variables que se tuvieron en cuenta para el debido análisis de las muestras de entrada y del proceso de desalinización mediante el método (Solar Still) aplicando la técnica de batea.

5.1. Tasa de recolección

Se obtuvieron 8 lts la tasa de recolección más alta durante los 4 días del proceso y 7,1 lts la tasa de recolección más baja, haciendo la diferencia del mismo la incidencia de la radiación solar (días soleados y días en sombra).

Isaka (2012) indica que la integración de fuentes de energías renovables como la solar, geotérmica y eólica con sistemas de potabilización, promete ser una solución viable a la escasez de agua potable y al cambio climático. Sin

embargo, sólo el 1% del total del agua potabilizada en plantas tratadoras en el mundo se produce con energías renovables. Las energías renovables y las energías convencionales se pueden combinar para alimentar plantas potabilizadoras. En cuanto a las aplicaciones con energía solar, la mayoría de los métodos de potabilización según se reporta en la literatura (Shatat M., 2013), hacen uso de paneles fotovoltaicos para generación o cogeneración de energía. La experiencia en combinar energía solar térmica con tecnologías de ósmosis inversa es muy limitada.

El planteamiento de nuestra hipótesis frente al tema busco crear como alternativa la desalinización del agua de mar ante los escasos de agua dulce, comprobando que el método (Solar Still) con la técnica de batea es uno de los más favorables con respecto a costos, emisión de gases contaminantes y efectividad, con el debido uso de la energía renovable (sol), el cual fue evidenciado mediante la designación de las variables y comparados con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial 097-A estando todas las muestras desalinizadas y debidamente analizadas dentro de los criterios de calidad, haciendo también la comparación con las muestras iniciales antes del debido proceso para de esta manera confirmar la veracidad y optimización del método empleado, presentando los parámetros con los resultados más óptimos siendo estos iniciales y finales.

5.2. Salinidad

En la muestra inicial (PMI 2M) se detectó un 33.9 ppt siendo el valor máximo y mediante el debido proceso de desalinización se llegó a un 18,3 ppt reflejado en la totalidad de las muestras (PM 2M) estando dentro del rango de aceptación de 40 ppt.

Los sulfatos contribuyen a la salinidad del agua, en ocasiones suele alcanzar concentraciones de 2,000 mg/l, el contenido máximo permisible por la reglamentación sanitaria es de 250 mg/l. El problema de los sulfatos en el proceso de desalación por ósmosis inversa es que pueden formar precipitados de calcio y magnesio sobre las membranas. Se puede determinar la cantidad de sulfatos en el agua por medio del método de Nefelometría. (Charcosset, 2009)

5.3. Potencial de hidrógeno

(Hernández, 2014) en su trabajo de investigación indica que el grado de acidez o basicidad de una solución y sus valores están comprendidos en una escala del 0 al 14, siendo 7 el valor medio. Este valor corresponde a una solución neutra, es decir, donde la concentración de iones hidronio (H_3O^+) e hidroxilo (OH^-) es la misma. Valores por debajo de 7 indican soluciones ácidas y valores por encima indican soluciones básicas o alcalinas. Para una desinfección eficaz con cloro, el pH debe ser inferior a 8. El pH óptimo depende del agua y los materiales utilizados en el sistema de distribución de agua potable, pero el rango por lo general es de 6,5 a 8 y puede extenderse a 9,5.

Tomando en cuenta para este parámetro en un nuestro proyecto el potencial de hidrogeno inicial, con un máximo rango de 8,25 pH ligeramente alcalina este se detectó en la muestra (PMI 2M) y llegando a un resultado mediante la desalinización de 7,29 pH reflejado en la totalidad de las muestras (PM 1M) siendo neutro, debido a que la cantidad de iones de hidronio e iones de hidroxilos es la misma estando dentro del rango de aceptación de 6–9 pH.

5.4. Sólidos totales disueltos.

(APHA, 1995) manifestó que los SDT son sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua, las cuales no pueden ser retenidas en el material filtrante. Los SDT son la diferencia entre los sólidos totales (TS) menos los sólidos suspendidos totales (TSS) y son reportados usualmente en mg/l.

Siendo los datos obtenidos de sólidos totales disueltos (SDT) del proyecto de investigación y diseño experimental los siguientes; inicial o muestra de entrada (PMI 1M) 34,6 mg/l permitiéndonos llegar mediante el debido proceso a 14,71 mg/l (PM 1M) por debajo del rango de aceptación de 500 mg/l.

5.5. Turbidez.

Para este parámetro se tomó en cuenta el análisis de la turbidez inicial siendo 0,60 NTU en las muestras (BMI 2M) y llegando mediante la desalinización a 0,33 NTU en las muestras (BM 1M) dentro del rango de aceptación de 100 NTU.

La presencia de turbidez en aguas se debe a los altos niveles de partículas Suspendidas - disueltas y a microorganismos patógenos como bacterias, virus, etc. EPA (2000) & OMS (2006), indican que las aguas para consumo humano deben de presentar una turbidez de 5 NTU.

Marco et al., (2004) mencionan que los niveles altos de turbidez, en muchos casos llegan a proteger a microorganismos frente al proceso de desinfección, lo cual estimula el crecimiento bacteriano.

5.6. Conductividad eléctrica.

La conductividad está relacionada con los sólidos totales, por tanto, a menor presencia de sólidos mayor conductividad es así como observamos una conductividad eléctrica inicial de 55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras iniciales o de entrada

(PMI 1M), obteniendo mediante la desalinización 24,09 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las muestras (BM 2M) dentro del rango de aceptación de 99,82 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductividad es un indicativo rápido de la contaminación de cuerpos de agua debido a que permite calcular indirectamente el contenido de sólidos disueltos (Jiménez, 2005).

5.7. Coliformes totales.

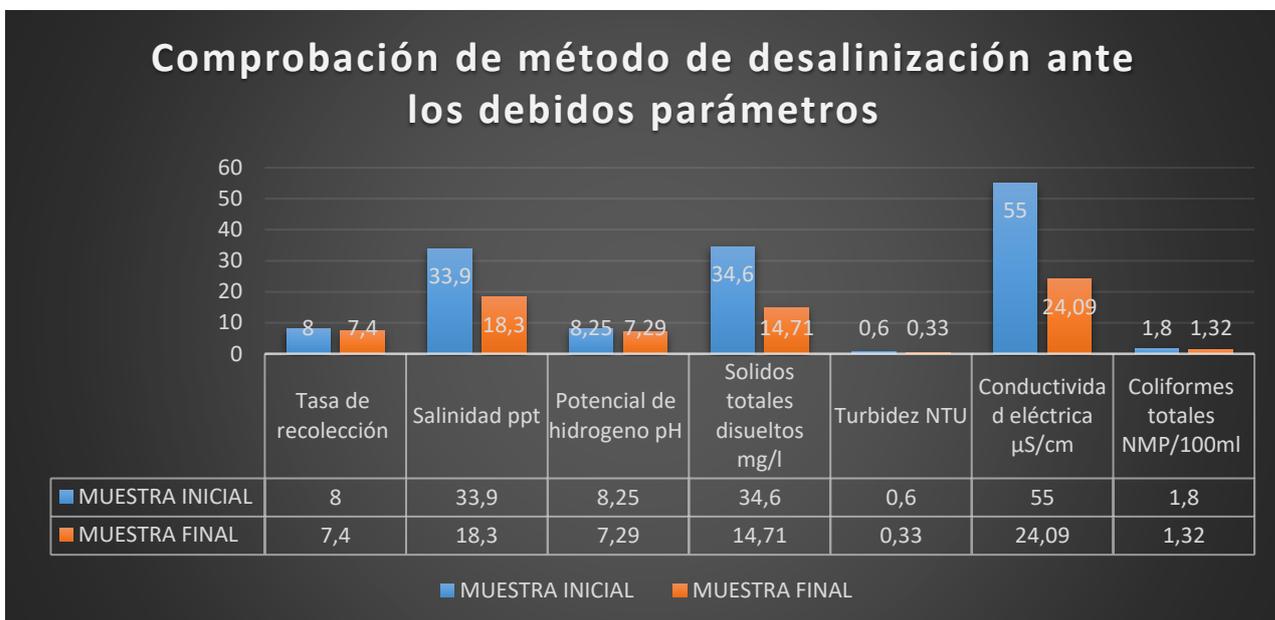
Este parámetro representa, el grado de contaminación por bacterias colifórmicas estando dentro del rango de aceptación de 2000 NMP/100ml, presentando un margen de coliformes totales $<1,8$ NMP/100ml en las cuatro muestras iniciales, llegando mediante la desalinización a $<1,32$ NMP/100ml en las muestras (PM 2M).

Jáuregui et al., (2009) señalan que la contaminación por coliformes fecales se relaciona con las descargas domésticas o industriales hacia las aguas superficiales. En cuanto a los residuos provenientes de origen doméstico, mayormente está representada con alto contenido de materia orgánica y heces fecales. Las coliformes fecales por lo general se encuentran en las heces de los animales que poseen sangre caliente.

Olivas et al., (2011) indican que el mayor impacto de contaminación hacia el ser humano por coliformes fecales es a través de la ingestión, siendo una de las vías con mayor peligro para contraer con enfermedades intestinales.

Grafico 50.

Comprobación de método de desalinización ante los debidos parámetros.



Granja, 2019

En un mundo donde la escasez de agua es un problema grave y creciente, la desalinización puede ser la clave para una fuente confiable de agua potable o agua de proceso industrial.

Hoy en día ante los escasos de agua potable se trata de dar una respuesta a la sociedad de forma sostenible, una necesidad básica para la población, es un claro ejemplo. Mientras que (Soto, 2013, p.22) citó que para abastecer a la población de agua potable o disponer de agua para el riego de los cultivos, algunos países, como es el caso de los desérticos, deben recurrir a la desalinización del agua. Es el caso de Arabia Saudita, Estados Unidos, Argelia, China o España.

Sin embargo, este proceso que elimina la sal y otros minerales del agua de mar y la convierte en agua potable tiene sus pros y sus contras.

Los beneficios son claros: disponer de agua potable en aquellos lugares en los que escasea. Pero, por el lado de los inconvenientes, se trata de un proceso que

necesita de mucha energía y por tanto es caro. Además, las plantas desaladoras producen un impacto en los ecosistemas marinos que es preciso valorar. Así que para solucionar de la forma más eficiente posible el coste energético de la desalinización, se están empezando a aplicar con éxito energías renovables, siendo la solución la energía solar.

La aplicación de la energía solar en el proceso desalinización permite, de una parte, disminuir los costes y, de otra, reducir las emisiones de gases contaminantes, ya que la mayoría de las plantas de desalinización emplean combustibles fósiles como energía.

Un claro ejemplo es la agencia nacional de investigación de Arabia Saudí, la KACST en sus siglas en inglés, está construyendo la mayor planta mundial de desalinización del agua mediante energía solar en la ciudad de Al-Khafji. La planta utilizara un nuevo tipo de tecnología de concentración solar fotovoltaica (FV), así como nuevas tecnologías de agua.

Está previsto que la planta produzca 30000 metros cúbicos de agua desalada al día, suficientes para dar servicio a 100000 personas. La energía solar fotovoltaica concentrada de la nueva planta y los sistemas de osmosis inversa utilizaran materiales avanzados y desarrollados por IBM para la fabricación de chips de ordenador.

6. Conclusiones.

- El desarrollo de esta investigación fue de campo, laboratorio y experimental a través del monitoreo directo y análisis en cada una de las muestras de Pleamar y Bajamar a 1 y 2 millas, muestras que fueron tomadas en la zona marino costera Santa Rosa provincia de Santa Elena, para la debida determinación de las características ambientales, físico químicas y microbiológicas

El desarrollo de campo se llevó a cabo con la recolección de muestras el día 24 de marzo del 2019, diferenciando las mismas con los estados de marea Pleamar y Bajamar tomadas a 1 y 2 millas, el experimental en el lapso de 10 días en 2 periodos de tiempo, siendo el primero con las respectivas muestras de Pleamar de 1 al 4 de abril y el segundo con las muestras de Bajamar del 8 al 11 de abril, y el de laboratorio desde el día jueves 30 de mayo - viernes 07 de junio con los respectivos análisis, siendo óptimos todos los resultados obtenidos ante el método de desalinización (Solar Still) con la técnica de batea.

- Se cumplió con el objetivo principal de lograr diseñar y construir un desalinizador para el aprovechamiento en actividades domésticas, basado en el uso de energía renovable (sol), equipado con recipientes de vidrio inclinado, que permitió la transmisión de energía solar y la condensación haciendo efectiva la desalinización con incidencia solar.

Las técnicas de desalinización surgen para suplir una parte de la demanda hídrica mundial, y facilitar el acceso al agua potable en zonas donde es escasa. Las técnicas térmicas como lo es la utilización de energía

renovable (sol) presentan la ventaja de producir agua de alta pureza, con mucha utilidad en actividades para el consumo doméstico.

- Se comprobó el diseño experimental una vez obtenidos los resultados y la tendencia de las muestras iniciales con las finales en cada uno de los parámetros analizados, nos demostraron la efectividad del método de desalinización, de acuerdo con el cumplimiento de los límites permisibles para agua de consumo humano y domestico según el Acuerdo Ministerial 097-A.

7. Recomendaciones.

- Promover el adecuado uso y distribución del recurso, pues el hecho de desarrollar e implementar un proceso para el abastecimiento alternativo del agua, no debe implicar la explotación total de los recursos hídricos de agua dulce. La desalinización se ha desarrollado como un proceso complementario para ayudar a suplir las necesidades del ser humano, no como un proceso que cubra la totalidad de la demanda hídrica mundial, ni a corto ni a mediano plazo.
- Siendo la desalinización un proceso con gran potencial, sin embargo, en Ecuador su aplicación es casi nula. Teniendo en cuenta que nuestro país tiene acceso al Océano Pacífico, en algún momento tendremos que disponer de agua de mar, así que se hace necesario incentivar estudios de investigaciones acerca del proceso de la desalinización de agua de mar en Ecuador, enfocándose en los aspectos económicos y sociales que abarcan las diferentes tecnologías.

Es recomendable continuar la investigación en los campos de las nuevas tecnologías de desalinización, enfocándose en los procesos híbridos y en acoplamiento de fuentes de energía renovables que hagan que el proceso tenga mayor sostenibilidad. La desalinización es un proceso alternativo por lo que es susceptible a constantes cambios. Es necesario actualizar la información acerca del proceso constantemente mediante bases de datos específicas para el tema.

La aplicación de esta tecnología alternativa en cada uno de los hogares para la desalinización, optimización y aprovechamiento del agua, trabajando de manera directa con el recurso renovable (sol) sin la emisión de gases contaminantes por el excesivo uso de combustibles fósiles, implementándose mediante el uso de peceras con la técnica de batea mediante radiación solar, por lo que se recomienda realizar una buena instalación de las mismas y para que el sistema desalinizador entregue mayor cantidad de permeado, se debe de colocar una válvula de estrangulamiento a la salida del rechazo con la única finalidad de elevar la presión en el interior de las membranas.

Se recomienda que cada 6 meses aproximadamente se cambie el filtro de Microfiltración (MF) por uno nuevo ya que en esta etapa se puede presentar mayor impacto en el tratamiento de desalinización.

- El Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) como organismo responsable de la dirección, regulación y vigilancia del cumplimiento de las normativas de protección medioambientales debería trabajar en conjunto con el Gobierno autónomo descentralizado del Municipio de Santa Elena para desarrollar un plan más efectivo para la concientización de los turistas, con vallas publicitarias y mayor número de señalética para la ubicación de baterías sanitarias y basureros, mejorando así la organización y aseo para obtener una reducción del impacto ambiental en las zonas marino costeras.

Una solución tecnológica para prevenir el deterioro ambiental de zonas costeras por vertimientos de aguas residuales sería la implementación de plantas de tratamiento y la consideración previa del análisis costo -

beneficio, pero las estrategias de control y la gestión de recursos económicos para su instrumentación requieren compromiso social y disposición política.

8. BIBLIOGRAFIA

A Bennett, "Developments in desalination and water reuse". *Filtration&Separation*, Vol 52 Issue 4 (2015) 28-33.

Abbas A., and Al-Bastaki N. (2005). *Modeling of an RO water desalination unit using neural networks*. *ChemicalEngineeringJournal* 114, 139-143.

Alatiqi, I.M., Ghabris, A.H., and Ebrahim, S. System identification and control of reverse osmosis desalination. *Desalination*, 75, 119-140, 1989.

Alatiqi, Imad,.HisshamEttouney, Hisham El-Dessouky. Process Control in Water Desalination Industry: An Overview. *Desalination* 126, 15-32, 1999.

Alatiqi I., Ettouney H., and El-Dessouky H. (1999). *Process Control in Water Desalination Industry: An Overview*. *Desalination* 126, 15-32.

A. Ameri. 2011. Modeling and determination of heat transfer coefficient in a basin solar still using cfd.

ARCOS, M. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova, Publicación Científica* 3(4).

Åström K., and Hägglund T. (2009). *Control PID Avanzado*, Pearson Educación, S.A., España.

Bayona, J., & Albaigés, J. (2006). Sources and Fate of Organic Contaminants in the Marine Environment. *The Handbook of Environmental Chemistry: Reactions and Process* (2) N: 323-370. Berlin Heidelberg.

Berharry-Borg, N., & Scarpa, R. (2010). Economic valuation of coastal water quality improvements in Tobago.

Borrego, J., & Mariño, F. (1995). Estudio epidemiológico de zonas de baño de la Provincia de Málaga. Junta de Andalucía, Consejería Salud, Sevilla.

Castillo Garcia F., Rivas-Perez R., and Feliu Batlle V. (2008). Fractional I α controller combined with a Smith predictor for effective water distribution in a main irrigation canal pool. *IFAC ProceedingsVolumes (IFAC-PapersOnline)*, 17(Part 1), 14558-14563.

Cipollina A; Micale Giorgio; Rizzuti Lucio. *Seawater Desalination*, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, New York, 2009.

Dirección de Hidrografía y Navegación. Marina de Guerra del Perú. (2016). Retrieved from <https://www.dhn.mil.pe/mareas>.

E.W. Rice, R.B. Baird, A.D. Eaton, *Stanard Methods for the examination of water and wastewater*, 23rd Ed., AWWA, E.U.A., 2017.

Escobedo-Urías, D. (2010). Diagnostico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. . Tesis Doctoral, Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., México.

C. Charcosset. 2009. A review of membrane processes and renewable energies for desalination.

F Lokiec, A Ophir "The mechanical vapor compression: 38 years experience". IDA World Congress – Gran Canaria (2007).

Flores-Montes, M. d., Paulo, J., do Nascimento, G., do Nascimento Filho, G., Gaspar, F., Feitosa, F., . . . Pitanga, M. (2011). The Trophic Status of an Urban Estuarine Complex in Northeast Brazil. *Journal of Coastal Research*.

Frank N. Kemmer, John McCallion, *Manual del agua, Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones Tomo I*, 1° Ed., McGraw Hill, México, 1988.

Gambier, A., Krasnik, A., and Badreddin, E. (2007). *Dynamic Modeling of a Simple Reverse Osmosis Desalination Plant for Advanced Control Purposes*. American Control Conference, ACC '07, 9-13.

Gambier A. (2011). Control of a Reverse Osmosis Plant by Using a Robust PID Design Based on Multi-objective Optimization, IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), Florida.

García-Rodríguez L. and Gómez-Camacho C. *Perspectives of Solar Assisted Seawater Distillation*, 2001.

Hidalgo, K. (1979). *Estudio Geográfico Histórico Socioeconómico del Cantón Salinas*.

"IDA desalination yearbook 2014-2015". Media Analytics Ltd – ISBN 9781907467301

"IDA desalination yearbook 2015-2016". Media Analytics Ltd – ISBN 9781907467400

Isaka. 2012. Water Desalination Using Renewable Energy. International Renewable Energy Agency and International Energy Agency.

Jiménez, R., & Pesantes, F. (1978). Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. Instituto Oceanográfico de la Armada.

John DeZuane, *Handbook of Drinking Water Quality*, 2nd Ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1997.

Jáuregui, M. C., Rodríguez, C. I., Coronel, S., Ramírez, H., & Padilla, N. (2009). Calidad sanitaria del agua potable en san Blas, México . *Ambientalia*, 1, 108 -117. Obtenido de [http://www.ugr.es/~ambientalia/articulos/art_recientes/8_Jauregui_VVAA\(2010\)_Ambientalia_es.pdf](http://www.ugr.es/~ambientalia/articulos/art_recientes/8_Jauregui_VVAA(2010)_Ambientalia_es.pdf)

K.S. Readdy. 2015 A review of solar energy driven desalination technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.

Karydis, M. (1996). Quantitative assessment of eutrophication: a scoring system for characterizing water quality in coastal marine ecosystems. *Environmental Monitoring and Assessment*. 41.

Kim J., Lee Y., Kwon O., Park S., and Heo H. (2009). *Design of Newly Robust PID Controller for Reverse Osmosis Plant*, Control and Instrumentation Engineering, Korea University, Seoul, South Korea.

M. Isaka. 2012. Water Desalination Using Renewable Energy. International Renewable Energy Agency and International Energy Agency.

M. Shatat 2013. Opportunities for solar water desalination worldwide: Review. *Sustainable Cities and Society*.

Olivas, E., Flores, -M. P., Serrano, A., Soto, M., Iglesias, O., Salazar, S., & Fortis, H. (2011). Indicadores fecales y patógenos en agua descargada al Río Bravo. *SciELO*, 29(4). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400449

Pettine, M., Casentini, B., Fazi, S., Giovanardi, F., & Pagnotta, R. (2007). A revisitación of TRIX for trophic status assessment in the light of the European Water Framework Directive: Application to Italian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 54.

Prakash A. (2004). *Water Resources Engineering: Handbook of Essential Methods and Design*. ASCE Press, Virginia.

Rathore N., Kunduriya N., and Narain A. (2013). *PID Controller Tuning in Reverse Osmosis System based on Particle Swarm Optimization*. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 6.

Rivas-Perez R. (1984). Technological process control in main canals of irrigation systems, with application to irrigation systems of Cuba. Ph.D thesis, Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation of Ukrainian Academy of Agrarian Sciences (UkrNIIGIM), Kiev, Ukraine.

Rivas-Perez R., Herranz J., Llanes O., and Cartaya L. (1994). Modelo matemático dinámico de generadores de vapor. *Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 15(3), 45-54.

Rivas-Perez R., Feliu-Batlle V., Castillo-Garcia F.J., and Linares-Saez A. (2014a). Mathematical model for robust control of an irrigation main canal pool. *Environmental Modelling & Software*, 51(1), 207-220.

Riverol C. and Pilipovik V. (2005). *Mathematical Modeling of Perfect Decoupled Control System and its Application: A Reverse Osmosis Desalination Industrial-Scale Unit*. *Journal of Automated Methods & Management in Chemistry*, 50-54.

Robertson M., Watters J., Desphande P., Assef J., and Alatiqi I. (1996). *Model based control for reverse osmosis desalination processes*. *Desalination*, 104, 59-68.

Rodriguez. 2007. Status of solar termal-driven reverse osmosis desalination.

Siemens Energy & Automation, Inc. DCS or PLC? Siemens Energy & Automation, Inc., USA, 2007.

TORRES G. et al. (2002). Composición planctónica en la Puntilla de Santa Elena durante agosto 2002, *Acta oceanográfica del pacifico* 12(5):63. Santa Elena.

Theofanis L, Christos A, Christos P A Nephelometric Turbidity System for Monitoring Residential Drinking Water Quality. University Cyprus, Nicosia, Cyprus: 13-5. [Consultado 12 de Junio del 2012]. Disponible en: <http://www2.ucy.ac.cy/~faniseng/publications/SENSAPPEAL09.pdf>

Viaroli, P., & Christian, R. (2003). Description of trophic status of an eutrophic coastal lagoon through potential oxygen production and consumption: defining hyperautotrophy and dystrophy. *Ecological Indicators*. 3.

Voutchkov Nikolay. *Desalination engineering planning and design*, The McGraw – Hill Companies, USA, 2013.

WHO. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization, 2014.

ANEXOS



Figura 1. Toma de muestras puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena, pleamar.



Figura 2. Toma de muestras puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena, bajamar



Figura 3. Total, de muestras recolectadas puerto Santa Rosa Provincia de Santa Elena

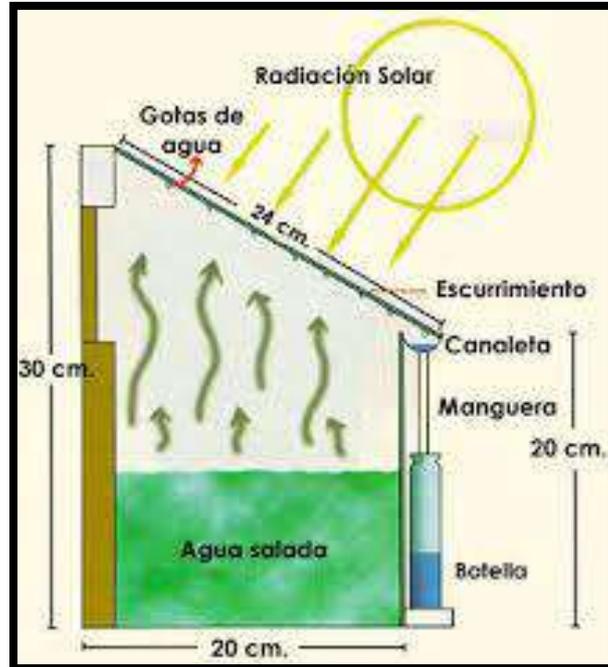


Figura 4. Diseño de desalinizador térmico (Solar Still) de batea.



Figura 5 y 6. Desalinizadores térmicos (Solar Still) de batea.



Figura 7. Desalinización térmica (Solar Still) de batea, agua recolectada en pleamar A, B, C, 1 milla.



Figura 8. Desalinización térmica (Solar Still) de batea, agua recolectada en pleamar A, B, C, 2 millas.



Figura 9. Desalinización térmica (Solar Still) de batea, agua recolectada en bajamar A, B, C, 1 milla.



Figura 10. Desalinización térmica (Solar Still) de batea, agua recolectada en



bajamar A, B, C, 2 millas.

Figura 11. Muestras desalinizadas (pleamar, bajamar).



Figura 12. Muestra inicial pleamar recolectada a 1 milla (PM1 I) y muestras desalinizadas con replica de 3 (PM 1A, PM 1B, PM 1C).



Figura 13. Muestra inicial pleamar recolectada a 2 millas (PM2 I) y muestras desalinizadas con replica de 3 (PM 2A, PM 2B, PM 2C)



Figura 14. Muestra inicial bajamar recolectada a 1 milla (BM1 I) y muestras desalinizadas con replica de 3 (BM 1A, BM 1B, BM 1C)



Figura 15. Muestra inicial bajamar recolectada a 2 millas (BM2 I) y muestras desalinizadas con replica de 3 (BM 2A, BM 2B, BM 2C)



Figura 16. Análisis de los parámetros en laboratorio, muestras iniciales y las respectivamente desalinizadas.



Figura 17. Medición de salinidad, pH y conductividad eléctrica mediante equipo multiparametro.



Figura 18. Turbidímetro para medición de turbidez.



Figura 19. Identificación de las muestras en placas petrifilm



Figura 20. Colocamos cada una de las muestras mediante pipetas en la placa petrifilm.



Figura 21. Estufa a 103 °c para solidos totales.



Figura 22. Estufa a 37° c para el periodo de incubación de coliformes totales.



Figura 23. Contador de colonias para coliformes totales.



Figura 24. Análisis de muestras retiradas de incubadora.

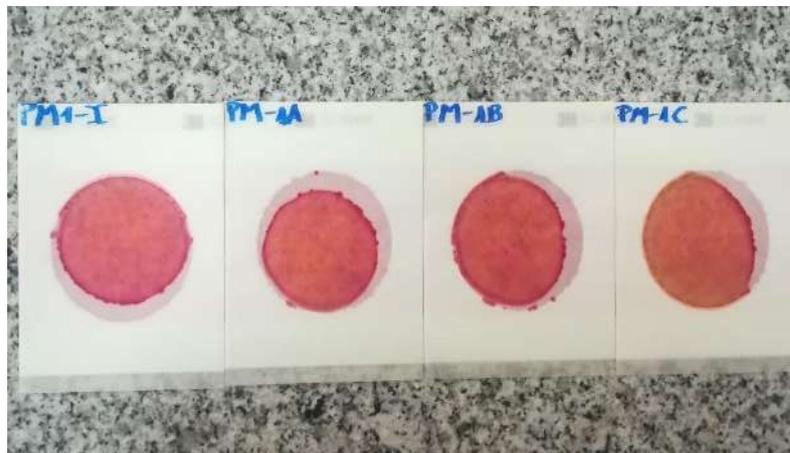


Figura 25. No identificación de la presencia de coliformes totales en las muestras de pleamar con punto de recolección a 1 milla.

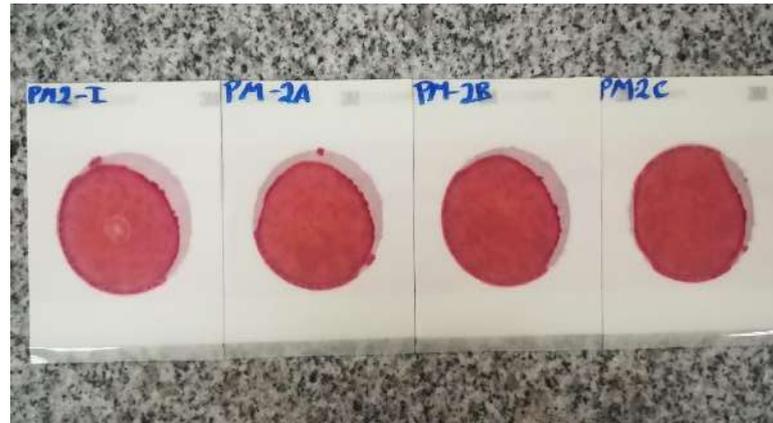


Figura 26. Identificación de la presencia de coliformes totales en la muestra inicial, muestra recolectada en pleamar a 2 millas (PM2 I).

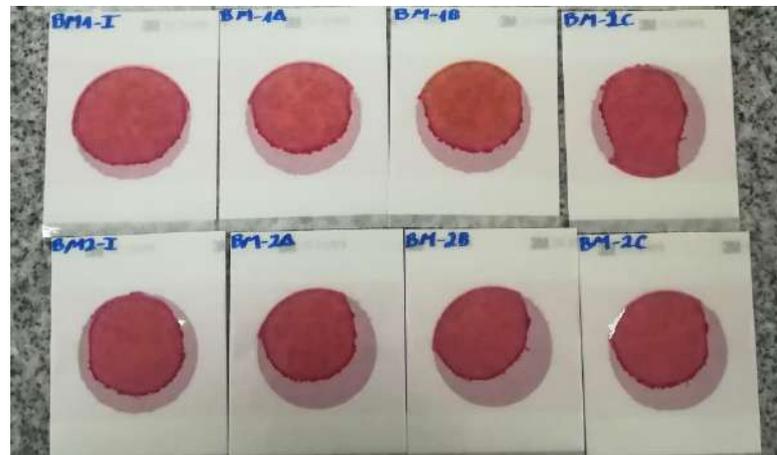


Figura 27. No hay identificación de la presencia de coliformes totales en las muestras de pleamar y bajamar con puntos de recolección a 1 y 2 millas.