



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO "SODIS", URB. CARIALINDA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

**Autor (a):**  
Márquez F. Maralys S.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO "SODIS", URB. CARIALINDA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

Proyecto del Trabajo de Grado presentado para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autora:** Márquez F. Maralys S.  
C.I.: 19.655.227  
**Tutor:** MSc. Jutzy Herrada  
C.I.: 12.809.606

San Diego, diciembre 2021.



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

**ACTA DE APROBACIÓN**

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado:

Propuesta de un sistema de desinfección de agua para consumo humano "SODIS" Urb. Canalinda Municipio Naguanagua. Estado Carabobo

Realizado por el (la) Br. Marquez F. Maralys S.

C.I. N° 19655227. cursante de la carrera de Ingeniería Civil.

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO

NO APROBADO

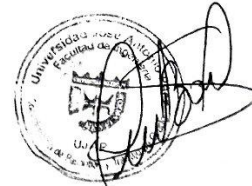
El Jurado

[Signature]  
Tutor Académico (Coordinador)  
Nombre: Julio M. Henao P.  
C.I.: 12809606

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Manuel Cuadrado  
C.I.: 7067357

[Signature]  
Jurado  
Nombre: Luis F. Rodríguez  
C.I.: 15198806

Fecha: 30/01/2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DECANATO DE INGENIERÍA



FI-L-002-2021-ICR-TG

Valencia, 15 de noviembre de 2021

Ciudadano:  
Márquez Fernández, Maralys Sarai  
C.I. 19.655.227  
Presente - n

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 5-2021 de fecha 14/10/2021 aprobó el proyecto de grado titulado:

**Propuesta de un sistema de desinfección de agua para consumo humano "SODIS" Urb  
Cariálinda, Municipio Naguanagua, Estado Carabobo.**

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:  
Msc. Jutzy Mary Herrada Palma, titular de la cédula de identidad V-12.809.606



Atentamente

**Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.**  
Decano de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

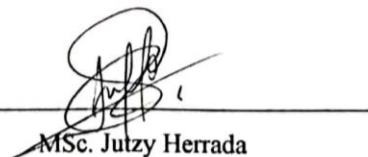
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ING. CIVIL

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL  
TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, **MSc. Jutzy Herrada** portadora de la cédula de identidad N°**12.809.606**, trabajo en mi carácter de tutora del trabajo de grado presentado por la ciudadana, Márquez F. Maralys S. portadora de la cédula de identidad N° 19.655.227, titulado, **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO "SODIS", URB. CARIALINDA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**, Presentado como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO CIVIL**, Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 06 días del mes de diciembre del año 2021.



MSc. Jutzy Herrada

C.I.: 12809606

## **DEDICATORIA**

A **DIOS**, por haberme dado la sabiduría, favor y gracia en todo este tiempo, por ser mi guía en todo momento.

A mi **ESPOSO JOEL**, te dedico mi tesis a ti completa amor, gracias por ser mi apoyo incondicional y amigo, por creer en mi cuando muchas veces yo no lo hice, por tus consejos y sobretodo tu amor. Sé que juntos podemos alcanzar nuestras metas.

A mi **HIJA AMALIA**, gracias por enseñarme tantas cosas a tu tan corta edad, eres una bendición. Te amamos hija.

A mi **PAPÁ**, aunque no estés físicamente aquí, gracias por todo el sacrificio, cuidados y protección. Eres el principal responsable, ya que, gracias a ti escogí estudiar Ingeniería Civil.

A mi **MAMÁ**, por darme la vida, por siempre apoyarme, por tu amor, cuidados, enseñanzas, valores y principios.

A mi **HERMANA MARIA**, mi **SOBRINA GENESIS** y demás familiares por apoyarme en su debido momento.

*Maralys Márquez*

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS**, por haberme guiado, dado la fuerza cuando sentía que desmayaba y por haberme dado tantas bendiciones.

A mis **PADRES**, por haberme dado la vida, enseñado valores y principios.

A mi **ESPOSO**, por apoyarme, aconsejarme, ser mi amigo, por amarme, ser paciente. Te amo y valoro todo lo que has hecho por nosotras.

A mi **HIJA**, te amo, gracias por enseñarme en esta tarea de ser madre. Eres una gran bendición para nuestras vidas.

A mis **HERMANAS, DORALYS y MARIA. DORA** aunque no estás aquí aprendí mucho de tu vida.

A mis **SOBRINAS GENESIS, NICOLLE, LUIMAR y LUSMIR**, gracias por todo.

A la **COMUNIDAD DE CARIALINDA**, por haber sido receptivos desde un principio con el tema de la tesis.

A la **MESA TÉCNICA DEL AGUA**, por el apoyo brindado en la realización del taller, la difusión de la información del método y la aplicación del método SODIS en la comunidad.

A mis **Tutores**, gracias por todo el apoyo en cuanto a la dirección del tema de tesis, regaños y paciencia.

A mis **PROFESORES**, que durante todo este tiempo han vaciado sus conocimientos en mí, gracias por su vocación de enseñar a otros.

*Maralys Márquez*

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pp.
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del Problema.....	8
1.3 Objetivos de la Investigación.....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4 Justificación.....	8
1.5 Alcance.....	10
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	11
2.2 Bases Teóricas.....	13
2.2.1 Desinfección del Agua.....	13
2.2.2 Tipos de Desinfección del Agua.....	14
2.2.3 Agua para Consumo Humano.....	19
2.2.4 Parámetros que Definen las Características del Agua para Consumo Humano.....	20
2.2.4.1 Propiedades Físicas.....	20
2.2.4.2 Propiedades Químicas.....	21
2.2.4.3 Propiedades Microbiológicas.....	23
2.2.5 Características de los Patógenos Microbiológicos del Agua de Consumo Humano.....	23
2.2.6 Sistema de Desinfección SODIS.....	27
2.2.6.1 Mecanismo de Desinfección del Método SODIS	28
2.2.6.2 Ventajas.....	30
2.2.6.3 Desventajas.....	30
2.2.6.4 Selección del recipiente.....	30
2.3 Bases Legales.....	31
2.4 Definición de Términos Básicos.....	33
2.5 Cuadro Técnico- Metodológico.....	34

<b>III</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	
	3.1 Tipo de Investigación.....	35
	3.2 Diseño de la Investigación.....	35
	3.3 Nivel de la Investigación.....	36
	3.4 Población y Muestra.....	36
	3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	37
	3.6 Análisis de Datos.....	40
	3.7 Fases Metodológicas.....	40
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b>	
	4.1 FASE I. Diagnosticar la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo. ....	42
	4.1.1 Ubicación Geográfica de la Comunidad en Estudio.....	43
	4.2 FASE II. Ensayar la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS.....	48
	4.2.1 Llenado de botella de PET o tereftalato de polietileno con agua aplicando el método SODIS.....	49
	4.2.2 Resultados emitidos por el laboratorio.....	50
	4.2.3 Captación de la tercera muestra en el tanque de abastecimiento de agua, de la comunidad urbanización Carialinda.....	52
	4.2.4 Resultados Emitidos por el Laboratorio en la Tercera Muestra.....	57
	4.3 FASE III. Diseñar la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.....	58
	4.3.1 Objetivos de la Propuesta.....	59
	4.3.2 La Propuesta.....	59
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	67
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	68
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69
	<b>ANEXOS</b> .....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

### CONTENIDO

<b>TABLA</b>		<b>Pp.</b>
1.	Resistencia Térmica de los Microorganismos.....	29
2.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	39
3.	Matriz FODA.....	47
4.	Matriz Estrategia.....	48
5.	Comparación de Resultados al Aplicar el Método SODIS.....	52
6.	Comparación de resultados luego de aplicar el método SODIS.	58

## ÍNDICE DE CUADROS

### CONTENIDO

<b>CUADRO</b>		<b>Pp.</b>
1.	Cuadro Técnico- Metodológico.....	34
2.	Plan de Acción.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CONTENIDO

<b>FIGURA</b>	<b>Pp.</b>
1. Botellas PET .....	31
2. Ubicación geográfica de Carialinda y lugar de captación de las muestras...	43
3. Quebrada Agua Linda.....	44
4. Flameado de la tubería para realizar la Captación de la Muestra 1.....	44
5. Curado de la tubería para Captación de la Muestra 1.....	45
6. Captación de la Muestra 1.....	45
7. Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 1.....	46
8. Selección de la botella PET.....	49
9. Captación de la Muestra 2.....	49
10. Aplicación del método SODIS.....	50
11. Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 2.....	51
12. Tanque de distribución de agua, ubicado en la comunidad de Carialinda.....	53
13. Quebrada Agualinda, lugar de captación de la Muestra 3.....	53
14. Casilla donde se encuentra la tubería donde se tomó la Muestra 3....	54
15. Captación de la Muestra 3.....	54
16. Captación de la Muestra 3 con supervisión de la Mesa Técnica del Agua.....	55
17. Miembros de la Mesa Técnica del Agua.....	55
18. Tuberías que surten al tanque de abastecimiento de la comunidad de Carialinda.....	56
19. Aplicación del método SODIS en la Muestra 3.....	56
20. Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 3.....	57
21. Folleto Número 1 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	60

22.	Folleto Número 2 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	61
23.	Folleto Número 3 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	61
24.	Primer paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	62
25.	Segundo paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	63
26.	Tercer paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	63
27.	Cuarto paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	64
28.	Quinto paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.....	64



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA PARA  
CONSUMO HUMANO "SODIS", URB. CARIALINDA, MUNICIPIO  
NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.**

**Autor:** Márquez F. Maralys S.

**Tutor:** MSc. Jutzy Herrada

**Fecha:** diciembre, 2021

**RESUMEN**

La presente investigación propone un sistema de desinfección de agua para consumo humano SODIS como una alternativa para tratamiento de agua, mediante la línea de investigación higiene y saneamiento ambiental, para consumo humano en la urbanización Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo, por motivos de que no cuentan con sistema para potabilizar el agua. El informe de laboratorio del análisis microbiológico de agua reveló la presencia de coliformes fecales en cantidad superior a la permitida en la Gaceta 36.395. El método SODIS requiere de la utilización de botellas de tereftalato de polietileno (PET) con capacidad máxima de 5 litros (pero es recomendable utilizar botellas de 1 ó 2 litros de capacidad), las cuales se llenan de agua, se tapan y colocan encima de una superficie reflectora, expuestas al sol durante 9 o más horas al día en horarios de 9 de la mañana a 5 de la tarde para que reciba la mayor cantidad de radiación solar. A las botellas que estuvieron expuestas, muestras 2 y 3 se les realizaron análisis en el laboratorio para conocer la efectividad del método. La investigación es de tipo proyecto factible, de diseño investigación documental y de campo, con un nivel descriptivo. Los resultados fueron favorables en la muestra 3, erradicando la presencia de los aerobios mesófilos y coliformes fecales.

**Descriptor:** Potabilización de agua, desinfección solar, coliformes fecales.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento principal para la sustentabilidad de la vida. Actualmente se presentan nuevos avances sobre propuestas para la gestión de recursos hídricos, como respuesta a una de las más grandes preocupaciones del planeta que es la crisis del agua. La calidad del agua está ligada directamente con la salud de las personas, mundialmente mueren miles de personas en su gran parte niños, por el consumo del agua de mala calidad, provocando brotes de enfermedades como el cólera, diarrea, infecciones intestinales, entre otras. Si bien los datos revelan que del año de 1990 al 2000 el acceso al agua tratada aumentó un 3%, aún hay más de mil millones de personas en el mundo que no tienen un suministro de agua apta para su consumo y más de un tercio de la población mundial no cuentan con saneamientos adecuados provocando que haya aproximadamente 2,2 millones de muertes por enfermedades asociadas directamente a la mala calidad del agua y deficiente saneamiento.

En muestras de aguas contaminadas frecuentemente se encuentran coliformes fecales, por lo que son necesarios los análisis microbiológicos constantes del agua (de acuerdo a la frecuencia establecida en la gaceta 36.395) para búsqueda de indicadores de contaminación fecal y poder centrarse en cuantificar los microorganismos del grupo coliformes, siendo *Escherichia Coli*, el indicador mundial de contaminación fecal y proceder a su desinfección de ser necesario.

El método Sodis utiliza la energía solar para eliminar diferentes tipos de microorganismos patógenos que son la principal causa de enfermedades de transmisión por el agua y así convertirla en apta para el consumo humano. La desinfección solar o método Sodis nació de la idea de potabilizar el agua a un bajo costo y con gran eficacia, este método consiste en utilizar botellas tereftalato de polietileno para almacenar agua para luego ser expuesta en un lapso de 6 o más horas a la mayor fuente de energía disponible en el mundo y a la vez gratuita que es la radiación solar, utilizando los rayos ultravioleta y el calor para elevar la temperatura dentro de los envases y de esta manera eliminar los microorganismos causantes de enfermedades.

La presente investigación tiene como objetivo general proponer un sistema de desinfección de agua para consumo humano Sodis, en la comunidad “urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo. En una casa perteneciente a dicha comunidad, se tomó una muestra de agua la cual se analizó en un laboratorio debidamente certificado por el Ministerio del Ambiente, obteniendo que la muestra de agua poseía presencia de coliformes y anaerobios mesófilos, por lo que se requiere la implementación de un método de desinfección del agua para hacerla apta para consumo humano.

En cuanto a determinar la factibilidad técnica para la elaboración de la propuesta, se analizaron muestras con presencia a elevada cantidad de coliformes fecales y se les aplicó el método SODIS, se llevaron dichas muestras después de ser tratadas al laboratorio, realizando los análisis correspondientes. Por otra parte, el diseño de la propuesta en la implementación de un sistema de desinfección de agua de consumo humano SODIS, en la urbanización Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo, de acuerdo a la revisión bibliográfica y los resultados obtenidos luego de aplicar el método debido a que los mismos fueron favorables luego de 9 horas de exposición solar, teniendo éxito en la mitigación de todos los riesgos asociados con la presencia de patógenos en el agua con la ayuda de la radiación solar.

La investigación se desarrolló con el fin de dar a conocer en esa comunidad para su debida aplicación el método antes señalado, se estructuró en cuatro capítulos de la siguiente manera:

**Capítulo I:** El problema, tanto su planteamiento y formulación, que consisten en la prestación de la problemática que enfrentan las personas que residen en la urbanización Carialinda. Los objetivos tanto general como específicos, la justificación y el alcance de la investigación.

**Capítulo II:** Marco teórico, contiene los antecedentes y las bases teóricas que sustentan la investigación, además incluye la definición de términos básicos, que ayudan a entender los términos fundamentales en la presente investigación.

**Capítulo III:** Marco Metodológico de la investigación, donde se encuentra el tipo de investigación, el diseño de investigación, la población en estudio y la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Por último, se definen las fases metodológicas necesarias para cumplir con el objeto de la investigación.

**Capítulo IV:** Se presentan los resultados obtenidos durante la investigación, como lo son: los resultados de los análisis de las muestras 1, muestra 2 y muestra 3 respectivamente. Así como también, los pasos a efectuar para la correcta aplicación del método SODIS, la propuesta y elaboración de un plan de acción a realizar con los miembros de la Mesa Técnica del Agua, el Consejo Comunal de la urbanización Carialinda y la selección de las personas voluntarias a velar por la correcta aplicación del método en la comunidad con la realización de talleres haciendo uso de material didáctico.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Se asume que más del 70% del planeta está cubierto por agua; sin embargo, es una mínima cantidad de esta agua la que puede ser consumida por los seres humanos. De acuerdo a la UNESCO (2003), la distribución de agua en el mundo se da de la siguiente manera: el agua dulce representa el 2.5%, el hielo el 1.5%, el agua subterránea 0.6%, el agua en lagos, ríos y vapor el 0.4%, mientras que el agua de mar representa el 95%.

La cantidad de agua para consumo humano que existe en el planeta es mínima y se encuentra en estado crítico si se toma en cuenta la existencia y el crecimiento de fenómenos sociales, como el incremento de la población urbana en las principales ciudades del mundo. La sobrepoblación, la distribución demográfica, la contaminación atmosférica y la insuficiencia de los servicios, son probablemente los problemas más importantes relacionados con el crecimiento urbano que directamente se relacionan con el agua, su uso y abastecimiento. Es por esto que un tercio de la población de los países en desarrollo no tiene acceso al agua adecuada para consumo humano.

En los países latinoamericanos, el desarrollo de las ciudades y la industrialización, se ha realizado sin respetar las legislaciones existentes. En este sentido cabe destacar, que la contaminación de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, se ha convertido en un grave problema ambiental. Esto es ocasionado primordialmente, por la aparición y/o la acumulación de sustancias químicas y desechos humanos vertidos en ríos, lagos, entre otros. Es así como, la falta de acceso universal al agua y saneamiento de la región es un problema serio y grave, que compromete el estado de salud de la población y el

desarrollo sostenible de los países, por lo que la implementación de políticas públicas basadas en el enfoque de derechos humanos es importante para garantizar el acceso a los niveles básicos de servicios de agua y saneamiento que permitan a las personas vivir sana y dignamente.

Es importante señalar que, el agua para consumo humano ha sido definida por la Organización Mundial de la Salud (2002), como aquella agua potable “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores. Asimismo, el referido instrumento expresa que el agua como vehículo de dispersión de enfermedades data de hace mucho tiempo y las enfermedades prevalentes en los países en desarrollo, donde el abastecimiento de agua y el saneamiento son deficientes; estas enfermedades son causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos, estos microorganismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico.

El riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua aumenta con el grado de presencia de microorganismos patógenos; sin embargo, la relación no necesariamente es simple y depende de otros factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped.

Las enfermedades de origen hídrico, según Acosta (2008), se pueden clasificar en dos grandes categorías: las enfermedades donde el agua está relacionada directamente con el mecanismo de transmisión, tales como las enfermedades microbianas y tóxicas; y las enfermedades donde el agua esté relacionada indirectamente con el mecanismo de transmisión, donde ellas son producidas por vectores del hábitat acuático. En la primera categoría y específicamente microbianas, se tiene por ejemplo entre otras, cólera, fiebre tifoidea, disentería, gastroenteritis, infecciones de piel, ojo y oído. Las de tipos tóxicos, se relacionan con aguas contaminadas por sustancias químicas.

Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución e intradomiciliario. Según documento elaborado por la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (2011), sobre agua potable y saneamiento, queda a la vista, la necesidad de producir evidencias para orientar la toma de decisión y políticas públicas que aseguren “salud para todos y por todos”, lo que evidentemente sólo será posible logrando que todas las personas puedan tener acceso al agua potable y al saneamiento básico.

En lo que respecta a Venezuela, la mayor parte de la población no tiene acceso al agua y/o al agua segura para consumo humano, lo que representa un peligro para la salud. En el país, la falta de acceso al agua y saneamiento, es un problema grave que compromete el estado de salud de la población; en este sentido, cabe destacar, que para el año 2001, según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) en 231 municipios, de los 335 que existen en el país (70% de los mismos) se observa que dichos servicios son insuficientes.

Asimismo, el informe de Venezuela para la Conferencia Latinoamericana de Saneamiento, Latinosan-2007, efectuada en Cali Colombia, y que se constituye en un esfuerzo por apoyar a los países de América Latina y el Caribe a colocar el tema de saneamiento como una prioridad en sus agendas políticas; indica que el 20 % de las aguas residuales recolectadas no satisfacen las normas básicas de calidad exigidas, por la Organización Mundial de la Salud.

Es importante señalar, que en Venezuela existen otros factores que inciden en el acceso al agua potable, tales como el aumento de ocupaciones no planificadas, el costo de la obtención de botellones con agua potabilizada y el importante número de comunidades rurales, que en su mayoría satisfacen su

consumo de agua directamente de fuentes naturales como ríos, quebradas y otras fuentes que no garantizan las mínimas condiciones sanitarias y en muchos de los casos las fuentes están contaminadas sin la previa optimización para su consumo.

La Urbanización Carialinda, ubicada en el Municipio Naguanagua del estado Carabobo; no escapa de esta realidad, en ese sector, el abastecimiento del agua es precario; ya que la gran mayoría de las veces el agua es racionada hasta más de 15 días continuos, por lo cual los habitantes de la comunidad, deben esperar días para abastecerse, muchas veces mediante camiones cisternas, otros, compran botellones con agua potabilizada, para poder disfrutar del vital líquido.

Según el Consejo Comunal de esa urbanización, los habitantes que allí residen, se quejan de la calidad del agua que reciben ya que en ocasiones el agua de abastecimiento posee mal olor o tiene una tonalidad marrón claro, esto sin indicar con precisión el porcentaje de habitantes de dicha zona que consumen agua contaminada por bacterias, virus, protozoarios y helmintos, y que no cumple con los criterios de color, olor y sabor para considerar el agua como agua apta de ser ingerida por seres humanos sin ningún tipo de consecuencias negativas en la salud. De continuar la situación descrita se podría presentar la proliferación de enfermedades diarreicas.

El consumo de agua no potable, provoca en las personas las denominadas enfermedades hídricas, como ya se mencionó: el cólera, la fiebre tifoidea, disentería, gastroenteritis, infecciones de piel, ojo y oído, trayendo como consecuencia un mayor deterioro de la calidad de vida de la comunidad e inclusive la aparición de epidemias.

Por lo expuesto anteriormente se propone, poner a la disposición de los habitantes de esta zona, un método de desinfección del agua, que sea práctico, económico y eficiente, como lo es el método de Desinfección Solar del Agua (SODIS), de acuerdo a sus siglas en inglés, con el mencionado método se

puede lograr inactivar más del 99.9% de los microorganismos patógenos presentes en el agua. La estrategia consiste en hacer segura el agua mediante desinfección y el almacenamiento adecuado en el punto de utilización. Con este método de bajo costo se pretende resolver en parte la problemática, sin comprometer la calidad del agua que ha de ser utilizada por las personas para su consumo.

## **1.2 Formulación del Problema**

En base a lo anterior, surge la siguiente pregunta de estudio: La desinfección del agua mediante la energía solar (SODIS), ¿Cómo se puede mejorar las condiciones de potabilidad del agua para el consumo humano en la urbanización Carialinda municipio Naguanagua, estado Carabobo?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Diagnosticar la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.
2. Ensayar la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS.
3. Diseñar la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.

## **1.4 Justificación de la Investigación**

La ingesta de agua contaminada y la falta de higiene son algunas de las razones por las que la diarrea continúa representando un importante problema de salud en países en desarrollo. El agua y los alimentos contaminados se consideran como los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias, virus o parásitos, por lo que se hace necesario tener estrategias que

permitan un manejo adecuado de ella. La OMS calcula que los números de casos y el número de muertes derivadas de las enfermedades más graves asociadas con el agua se reduciría entre un 20 y un 80 por ciento, si se garantizara su potabilidad y adecuada canalización.

Gran parte de las poblaciones del municipio Naguanagua ubicados en el estado Carabobo no tienen una buena prestación de los servicios de abastecimiento de agua, con criterios de calidad, eficiencia económica y ambiental, lo cual produce un impacto en la salud de los habitantes de la Urbanización Carialinda, Municipio Naguanagua que no cuenta con un sistema de potabilización de este recurso, lo que implica que muchas veces la consumen directamente de las distintas tomas, he aquí la importancia de implementación de tecnologías a bajo costo para la desinfección del agua. Lo que representaría un gran aporte social.

El método propuesto en la presente investigación, tiene características muy apreciables como: su fácil utilización, su bajo costo de implementación y se realiza a nivel domiciliario en sectores donde se consume agua cruda o sin tratamiento, se basa en recursos naturales y energía renovable, es replicable con bajos costos de inversión por lo que no requiere de gran infraestructura costosa, reduce la necesidad de fuentes tradicionales de energía, como la leña, el kerosén y el gas. Por lo que se garantiza el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad de agua segura. Lo que representa un aporte técnico.

Esta investigación aporta beneficios teóricos y prácticos; teóricos en cuanto brinda sustento metodológico, por lo que representa como trabajo investigativo; y prácticos, porque difunde información a la comunidad estudiantil, motivando a la comunidad estudiantil a desarrollar nuevos estudios en relación a la selección y valoración de métodos de desinfección del agua específicos que se traduciría en un avance para el país, en lo que a materia de sostenibilidad se refiere; brindando así un aporte académico a la universidad en la línea de investigación ambiental y sanitaria de ingeniería civil.

## **1.5 Alcance y Limitaciones**

Los aspectos que se alcanzaron en la investigación fueron realizar el análisis bacteriológico de las muestras de las botellas, mejorar la calidad bacteriológica del agua permitiendo la disminución de bacterias, parásitos y virus en el agua (características microbiológicas del agua), brindar a los usuarios un método simple que se puede aplicar a nivel del hogar bajo su propio control y responsabilidad y a un bajo costo, reducir la necesidad de fuentes tradicionales de energía, como la leña, el kerosén y el gas; o el uso de sustancias químicas como el cloro, al solamente ser necesaria la luz solar.

Las limitaciones del presente trabajo de grado fueron que no se analizaron los parámetros físico-químicos para evaluar la potabilidad del agua en las muestras, ni los parámetros organolépticos (presencia de metales), solo se indicó cómo realizar una filtración manual a fin de disminuir la turbidez del agua y mejorar la eficacia de aplicación de SODIS.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Según Arias (2012) “El marco teórico de la investigación o marco referencial, puede ser definido como el compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación por realizar.”. Así mismo describe que los “antecedentes de la investigación se refiere a los estudios previos y tesis de grado relacionadas con el problema planteado, es decir, investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con el problema en estudio.”.

#### 2.1 Antecedentes

Según Bermudes (2015) egresado de la Universidad Técnica De Machala, realizó una investigación titulada: **desinfección solar para abastecimiento de agua para consumo humano a nivel domiciliario en el sector La Pereira, parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, provincia Del Oro**; para la obtención del título de ingeniero civil, el principal objetivo fue aplicar el método de desinfección solar en el agua utilizada a nivel domiciliario del Sector La Pereira, parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, Provincia Del Oro. Los resultados de las pruebas microbiológicas del agua presentaron mejoras a tal punto que eliminaron por completo la presencia de coliformes fecales después de haber aplicado el método SODIS. Se concluyó que el método de desinfección solar puede ser usado por personas de bajos recursos, por lo tanto, el aporte a la presente investigación en base a los resultados obtenidos en dicha investigación, es que se puede implementar el método como alternativa de desinfección del agua eliminando por completo la presencia de coliformes fecales.

Así mismo, Cacho y Mendoza (2014) presentaron su tesis de postgrado en el Centro De Investigación De Materiales Avanzados, la cual titularon: **construcción y diseño de un concentrador solar con materiales de bajo costo, para desinfección**

**de agua para su aplicación en comunidades marginadas;** tesis para obtener el grado de: maestro en ciencias en energías renovables, su objetivo es la construcción de un concentrador solar con materiales caseros y de fácil acceso para purificar agua potable de la comunidad El Pinalillo, San Miguel de Allende, Guanajuato. Las pruebas se llevaron a cabo con diferentes variables, tiempo de exposición, hora de exposición, color del vidrio y tiempo de inactividad de las bacterias. En base a los resultados obtenidos en las diferentes pruebas, se concluyó que se eliminaron coliformes totales y fecales en muestras de agua residual con concentraciones mayores a 2400 NMP/100mL, ello representa un aporte teórico a la investigación.

Seguidamente, Expósito y Hernández (2014) egresados de la Universidad Católica Andrés Bello, presentaron la propuesta: **diseño de una planta piloto potabilizadora de tipo convencional, con coagulantes orgánicos accionada por gravedad, para pequeñas comunidades;** en dicha propuesta se obtuvo la conclusión de que por parte del proceso de desinfección utilizado, el sistema SODIS según estudios arrojó buenos resultados para poblaciones rurales debido a su sencillez y bajos costos, fue capaz de eliminar, el 99,99 % de los microorganismos que pueden ser nocivos para la salud humana. Algo que es importante destacar, es que, no se utilizan químicos para el proceso lo cual contribuye a ser más sustentable. El aporte a la presente investigación, es que, según los resultados obtenidos, inactiva microorganismos causantes de enfermedades sin utilizar químicos para el proceso de desinfección del agua, podrá ser utilizado por las personas que no cuentan con el acceso al agua potable, por lo que representa un aporte teórico.

También, Garrido, Fernández y Storaci (2013) en la revista Ingeniería UC, realizaron una investigación que se tituló: **evaluación del método “SODIS” en la desinfección del agua para abastecimiento en La Guadalupe, Chirgua, municipio Bejuma del estado Carabobo;** donde para la aplicación del método SODIS se expusieron las muestras de agua a los rayos solares durante 6 horas y obtuvieron resultados de que el agua natural de La Guadalupe reportó presencia de coliformes totales y coliformes fecales, mientras que la sometida al método SODIS no indicó

presencia de estos microorganismos. Se concluyó que, el agua natural de La Guadalupe representa un riesgo para la salud de la comunidad mientras que la sometida al método SODIS es apta para el consumo humano. Al exponer el agua a rayos solares por 6 horas se logra exterminar los coliformes, es por ello que representa un aporte práctico a la presente investigación.

Por último, Ormaza (2011) egresada de la Universidad de Cuenca de la facultad de ingeniería civil, realizó una monografía titulada: **desinfección solar en el agua del río Tomebamba, su objetivo principal fue determinar la aplicación del método de desinfección solar en el agua del río Tomebamba de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay**. Obtuvo como conclusiones mediante análisis bacteriológicos realizados, que gran cantidad de coliformes fueron removidas, notando que el E. Coli es el más susceptible al método SODIS, ya que en este se da un mayor nivel de remoción. Además de ello se estudiaron las ventajas y desventajas del método. Considerando las condiciones climáticas y la ubicación geográfica del sector se puede implementar el método SODIS como alternativa de desinfección del agua. El aporte que representa dicha investigación es técnico, ya que, el método SODIS mejora la calidad de vida de las personas al remover gran cantidad de coliformes y de E. Coli presentes en las muestras de agua.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Desinfección del Agua**

La desinfección tiene una importancia incuestionable en la seguridad del abastecimiento de agua de consumo humano. La eliminación de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza con productos químicos reactivos como el cloro. La desinfección constituye una barrera eficaz contra numerosos agentes patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo humano y debe utilizarse tanto para las aguas superficiales como para las aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.

### **2.2.2 Tipos de Desinfección del Agua**

La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución. La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantiza necesariamente la seguridad del abastecimiento. Por ejemplo, la desinfección del agua de consumo humano con cloro tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos en particular *Cryptosporidium* y algunos virus.

La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a agentes patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. La turbiedad elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Resulta esencial que se implemente una estrategia general de gestión eficaz con múltiples barreras conjuntamente con la desinfección a fin de evitar o eliminar la contaminación microbiana, proteger el agua de la fuente y permitir procesos de tratamiento adecuados, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua suele generar subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los riesgos asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección. La concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo humano, como el cloro, se puede monitorear y controlar fácilmente, y se recomienda el monitoreo frecuente cuando se aplica la cloración del agua. La desinfección del agua puede producirse mediante agentes físicos y químicos.

La sedimentación natural es un proceso por el cual se realiza la decantación de partículas en suspensión por la acción de la gravedad. La decantación natural del material fino, como limo y arcillas, ayuda a la remoción de las bacterias; sedimenta

más rápidamente los espirulados y los huevos de helmintos. La eficiencia de remoción de estos microorganismos dependerá del tiempo de retención del agua en el reservorio o sedimentador (Castro R. y Reiff F. 1996).

Debido a que la sedimentación es un proceso en el cual la carga de microorganismos patógenos del agua puede concentrarse en los lodos, es necesario tener en cuenta que los presedimentadores, usados para abastecimiento de agua cruda, requieren un manejo cuidadoso a fin de no captar aguas estratificadas cuya calidad cause problemas en la planta de tratamiento (Schippers J. C. 1985).

Por las consideraciones descritas, se recomienda: estudiar el comportamiento del presedimentador, tanto en verano como en invierno, en función de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua que se capta. Así como eliminar periódicamente los lodos generados, para lo cual debe conocerse permanentemente la altura que va tomando. No es recomendable devolver este material al curso de agua cercano, ya que su alto grado de contaminación afectaría seriamente los demás usos del agua (agricultura, pesca, entre otros). Estos lodos deben ser retirados por medios mecánicos y tratados con cal, a fin de eliminar los huevos de helmintos existentes (Geldreich E. 2002). Por otro lado, se recomienda efectuar la circulación vertical del agua, con la finalidad de eliminar la estatificación o de lograr que esta se produzca a la mayor profundidad posible, de tal modo que permita la oxigenación adecuada del agua (Azevedo J. M. 1978).

Azevedo J. M. (1978), menciona que los procesos de mezcla, coagulación, floculación y sedimentación son bastante eficientes en la remoción de la mayoría de las bacterias, protozoarios y virus que se encuentran en el agua, debido a que estos microorganismos son partículas coloidales y por ello se encuentran sometidos al mismo mecanismo de remoción de los demás coloides.

Evidentemente, al continuar la aglutinación de partículas, las bacterias y los virus son incorporados dentro de los microfloculos y se sedimentan. Por esta característica, en los lodos provenientes de los sedimentadores, se encuentran gran cantidad de bacterias y virus, lo que obliga a manejar estos lodos con bastante

cuidado por su peligro potencial. Degremont J. (1979), estos procesos de coagulación, floculación, sedimentación son bastante eficientes para la remoción de bacterias vegetativas.

Por otra parte, (Richter C. 1984) reporta que las partículas de arcilla absorben los virus muy rápidamente. Concluye que la inactivación de los virus ocurre en dos etapas: en la primera se produce una mezcla de virus e iones de aluminio y en la segunda, luego de la aglutinación ocurre la sedimentación de los flóculos (Azevedo J. M. 1978).

La reducción del contenido de virus en el agua llega hasta 98 % y 90 % de la absorción de estos corresponde a los primeros 5 minutos de tiempo de contacto (Cáceres O. 1990). Debe tenerse en cuenta que este proceso de inactivación de virus por la adherencia de la arcilla es irreversible, de tal manera que debe estudiarse cuidadosamente el manejo de estos lodos, por el impacto que puede producir su vertimiento a cursos de agua superficial (Arboleda V. 1976).

Azevedo J. M. (1978), refiere que los filtros lentos pueden llegar a remover 96% de bacterias, cuando el agua no presenta más de 100 ppm de materias en suspensión y 200 bacterias por mililitro. Los filtros rápidos pueden llegar hasta 98% de eficiencia en la remoción de bacterias. La filtración es muy efectiva en la retención de los microorganismos grandes, como las algas y diatomeas; pero los olores y sabores asociados a ellos no son eliminados a menos que se consideren otros procesos específicos para este fin.

Debido a la gran sensibilidad de los microorganismos a las temperaturas altas, la ebullición del agua es muy efectiva para su eliminación, el hervido del agua es una práctica doméstica segura y recomendable, cuando existen dudas sobre la calidad del agua potable. El método más simple para preparar agua para consumo humano, segura desde el punto de vista microbiológico, es hervirla durante unos minutos y luego almacenarla adecuadamente (Schippers, J. C. 1985).

La luz y los rayos ultravioleta, la luz ultravioleta (longitud de onda correspondiente a la máxima acción microbicida = 254 nm mata las bacterias

(Degremont J. 1979). Sin embargo, la profundidad de penetración de esta radiación en el agua es limitada, lo que se traduce en que, si se requiere eficiencia en la eliminación de microorganismos por rayos ultravioleta, se deben irradiar solo láminas delgadas de agua. Su aplicación solo se reduce a aguas claras y no contaminadas (Castro R. y Reiff F. 1996).

Como cualquier proceso, la desinfección con rayos ultravioleta presenta ventajas y desventajas. Entre las ventajas se pueden citar las siguientes: actúa sobre una amplia gama de microorganismos, ya que los rayos ultravioletas inactivan los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Pueden eliminar bacterias comunes, espirulados y virus. No reacciona con los constituyentes del agua y, por tanto, no forma derivados ni cambia las condiciones organolépticas del agua. El proceso es sencillo y de bajo costo. El proceso no necesita tanques de mezcla o de contacto.

Entre las desventajas pueden mencionarse las siguientes: la penetración de los rayos en el agua está limitada por el color y la turbiedad, por lo que el agua debe ser completamente clara. Con el transcurso del tiempo, las lámparas pueden ensuciarse, lo que reducirá la capacidad de penetración de los rayos. La vida útil de las lámparas es muy limitada. Los rayos ultravioletas tienen efecto puntual, no dejan radiación residual para eliminar la contaminación posterior en la red, muy frecuente ya que a menudo se producen presiones negativas que pueden permitir el ingreso de aguas contaminadas.

El cloro posee una alta capacidad oxidante, que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica, y su efecto residual. Todo ello permite en forma bastante simple, asegurar la inocuidad del agua desde que se produce hasta el momento que se usa, lo que resulta muy beneficioso, tanto en sistemas pequeños como en grandes ciudades con redes de distribución extendidas, (Christman, K. 1998). Aunque el cloro y sus derivados no son los desinfectantes perfectos, muestran las siguientes características que los hacen sumamente valiosos: tienen una acción germicida de espectro amplio. Muestran una buena persistencia en los sistemas de distribución de

agua, pues presentan propiedades residuales que pueden medirse fácilmente y vigilarse en las redes después que el agua ha sido tratada o entregada a los usuarios.

Góngora, J. (1983) menciona que la cantidad necesaria de desinfectante está en función del caudal de agua a tratar, la dosis requerida según la calidad del agua y las normas de calidad de agua de bebida del país. Existe, sin embargo, una regla no escrita que establece un límite entre el uso de cloro gas y otras formas. Tal frontera marca el caudal de 500 m<sup>3</sup> /día. El uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores de 500 m<sup>3</sup> /día, lo que, a una dotación de 100 litros por habitante por día, típica del medio rural, significa que el cloro gas solo es recomendable para poblaciones mayores de 5.000 habitantes (Reiff, F. 1998).

Por último, en lo que se refiere a los costos de la desinfección, se habrá de tener en cuenta las circunstancias, por ejemplo, podría convenir una solución más costosa si la fiabilidad, durabilidad, sencillez de la operación y disponibilidad de los repuestos y suministros fueran mejores que los del sistema menos costoso. En todo caso, la salud debe ser la consideración principal al momento de seleccionar la alternativa más adecuada (Rojas, R., Guevara, S. 1999).

La luz visible de fuerte intensidad (exposición a pleno sol) es capaz de matar las bacterias, debido a que ciertas moléculas de éstas (riboflavinas, porfirinas, citocromos) absorben la energía de los cuantos y se excitan durante  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  s, tras lo cual emiten la energía a otras moléculas, originando fotooxidaciones en residuos His y Trp de las proteínas y en las bases de los ácidos nucleicos.

Si a una suspensión de bacterias añadimos ciertos pigmentos artificiales fluorescentes (colorantes), como el rosa de bengala, el azul de metileno y la eosina; la energía del espectro visible absorbida por dichos pigmentos no la re-emiten como fluorescencia, sino que provoca cambios en proteínas y ácidos nucleicos. Esto conduce a efectos de esterilización.

### **2.2.3 Agua para Consumo Humano**

El agua de consumo humano segura, como se define en las guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume a lo largo de toda una vida, teniendo en cuenta las vulnerabilidades diferentes que se pueden presentar en distintas etapas de la vida. Los que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños pequeños, las personas debilitadas y los adultos mayores, especialmente si viven en condiciones antihigiénicas. Generalmente, los que están en situación de riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua pueden necesitar tomar medidas adicionales para protegerse contra la exposición a agentes patógenos en el agua, tales como hervir el agua que van a beber. El agua de consumo humano se requiere para todos los usos domésticos habituales, incluida el agua para beber, para la preparación de alimentos y para la higiene personal.

Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo humano son un marco para la seguridad del agua que comprenda objetivos de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto y planificación y gestión eficaces), y un sistema de vigilancia independiente. La aplicación de un abordaje integral en la evaluación y la gestión de riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo humano aumentan la confianza en la seguridad del agua.

El criterio principal para que el agua se considere apta para el consumo humano es que esté limpia, sea salubre y no contenga microorganismos o parásitos que supongan un riesgo para la salud humana.

Este abordaje conlleva la evaluación sistemática de los riesgos en todo el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano, desde la fuente y captación del agua hasta el consumidor y la identificación de las medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, incluidos los métodos que garanticen. Un concepto importante en la asignación de recursos para mejorar la seguridad del agua de

consumo humano es la realización de mejoras progresivas que conduzcan al logro de objetivos a largo plazo.

#### **2.2.4 Parámetros que Definen las Características del Agua para Consumo Humano**

En La Gaceta Oficial De La República De Venezuela número 36.395 de las Normas Sanitarias De Calidad Del Agua Potable, del capítulo I, en el artículo 1, describe que el objetivo es establecer los valores máximos de aquellos componentes o características del agua que representan un riesgo para la salud de la comunidad, o inconvenientes para la preservación de los sistemas de almacenamiento y distribución del líquido, así como la regulación que asegure su cumplimiento. Dicha norma cita que “el agua potable debe cumplir con los requisitos microbiológicos, organolépticos, físicos, químicos y radiactivos que establecen las presentes normas.”.

Rodríguez, José. (2012), establece la siguiente clasificación sobre las propiedades del agua a evaluar para que se considere apta para el consumo humano son:

##### **2.2.4.1 Propiedades Físicas**

Son las siguientes: Turbiedad, Color, Olor, Sabor, Temperatura, Sólidos y Conductividad.

- **Turbiedad:** Materia suspendida y coloidal que interfiere con el paso de la luz a través del agua.
- **Color:** La potabilidad del agua se establece cuando ésta es incolora. En determinadas ocasiones, el agua que presenta cierto color o sale turbia, es debido a la presencia de ciertas sustancias en ella que hacen disminuir su calidad. Proviene de la disolución de materiales vegetales o minerales; debido a la presencia de materia orgánica en proceso de descomposición, como lignina y taninos; a óxidos de hierro, zinc y manganeso; a excretas de organismos vivos, algas verdes o verdes azules. El color está ligado a problemas de contaminación.

- **Olor:** El agua que es considerada como potable debe ser inolora. La detección de olores en el agua es indicador de que ha estado o está en contacto con productos químicos, bacterias o materia orgánica. Entre los orígenes más comunes se encuentran: la materia orgánica en solución, el ácido sulfhídrico: H<sub>2</sub>S, el cloruro de sodio NaCl, sulfatos de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, entre otros. Siendo los olores más fuertes a temperaturas altas.
- **Sabor:** Es uno de los principales factores que define la calidad de la misma y su pureza. Muchas veces el agua presenta cierto sabor, esto ocurre principalmente por la presencia de algas o bacterias.
- **Temperatura:** Una corriente puede cambiar su temperatura por efectos climáticos naturales o por la introducción de desechos industriales. Es importante porque actúa sobre procesos como la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, y por los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, floculación, sedimentación y ablandamiento.
- **Sólidos:** Como materia sólida se clasifica toda la materia, excepto el agua, contenida en los materiales líquidos (sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos volátiles, sólidos fijos, sólidos sedimentables).
- **Conductividad:** La conductividad específica de un agua es la medida de la habilidad para transportar una corriente eléctrica, varía con el tipo y cantidad de iones que contenga.

#### **2.2.4.2 Propiedades Químicas**

Son el PH, dureza, acidez/ alcalinidad, fosfatos, sulfatos, Fe, Mn, cloruros, oxígeno disuelto, grasas y/o aceites, amoníaco, Hg, Ag, Pb, Zn, Cr, Cu, B, Cd, Ba, As, nitratos, pesticidas, entre otros.

- **PH:** Es una forma de expresar la concentración de iones hidrógeno  $[H^+]$  o más exactamente de su actividad. Se usa universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución.
- **Dureza:** El agua dura es la que requiere mucho jabón para ejercer su acción limpiadora, formando incrustaciones cuando se eleva la temperatura. El agua blanda necesita más agua para retirar el jabón, disuelve el  $CO_2$  y corroe. Ni tan blanda que corroa ni tan dura que incruste.
- **Acidez:** La acidez de un agua es su capacidad para donar protones.
- **Alcalinidad:** Se define como el poder de una solución para neutralizar los iones  $H^+$  y se debe primordialmente a las sales de los ácidos débiles, tales como carbonatos, bicarbonatos, boratos, silicatos y fosfatos, y unos pocos ácidos orgánicos que son muy resistentes a la oxidación biológica (ácidos húmicos) y llegan a formar sales que contribuyen a la alcalinidad total.
- **Fosfatos:** El fósforo con el nitrógeno son considerados como nutrientes esenciales para los organismos que toman parte de los procesos biológicos de las aguas naturales, de las aguas negras y de los tratamientos de desechos industriales.
- **Sulfatos:** El ion sulfato es uno de los que se presenta en mayor cantidad en aguas naturales. Todas las aguas naturales contienen sulfatos que provienen de yeso y minerales similares. Resultan también de la oxidación de sulfuros, sulfitos de los suelos.
- **Oxígeno Disuelto:** La cantidad de oxígeno que está en el agua se denomina oxígeno disuelto. La solubilidad es directamente proporcional a la presión parcial.
- **Hierro y manganeso:** Sus óxidos abundan en la naturaleza en forma de minerales y como parte constituyente de las arcillas y limos. Las formas oxidadas son insolubles en agua y las reducidas (ferrosa y manganosa) son solubles.

### 2.2.4.3 Propiedades Microbiológicas

Son las siguientes: Protozoarios (patógenos), Helmintos (patógenos), Coliformes fecales, Coliformes totales.

- **Protozoarios:** Los protozoos, también llamados protozoarios, son organismos microscópicos, unicelulares eucariotas; heterótrofos, fagótrofos, depredadores o detritívoros, a veces mixótrofos; que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos, ya sean aguas saladas o aguas dulces.
- **Helmintos:** El término helminto, que significa gusano, se usa sobre todo en parasitología, para referirse a especies animales de cuerpo largo o blando que infestan el organismo de otras especies.
- **Coliformes Fecales:** Grupo bacteriano presentes en los intestinos de los mamíferos y los suelos, que representan una indicación de la contaminación fecal del agua. Son fáciles de identificar y contar en laboratorio por su capacidad de fermentar la lactosa.
- **Coliformes Totales:** Son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama Escherichia Coli.

### 2.2.5 Características de los Patógenos Microbiológicos del Agua de Consumo Humano

Para la Fundación SODIS en América Latina. (2003), los principales factores que influyen en la importancia de los patógenos transmitidos por agua incluyen su capacidad para sobrevivir en el ambiente y el número necesario para infectar a un huésped (humano). Las enfermedades producidas por bacterias, virus y protozoos son generalmente sintomáticas y agudas con períodos relativamente cortos, alta liberación de virus, baja dosis infecciosa y una variedad restringida de huéspedes.

Para Rivas, C y Motas, M. (2002), las bacterias Anaerobias Mesófilas son organismos capaces de sobrevivir y crecer en una atmósfera con poco o nada de oxígeno. Muchas bacterias anaeróbicas se encuentran normalmente en el cuerpo

humano, de hecho, en los intestinos de los seres humanos, las bacterias anaeróbicas superan en número a las bacterias aeróbicas en una proporción de 1.000 a 1, poseen un metabolismo de tipo fermentativo, en el cual sustancias orgánicas son los aceptores finales de electrones, aunque también pueden obtener energía a partir de la respiración anaerobia. Otras características son su lento crecimiento y su labilidad, y sus requerimientos atmosféricos (de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) hacen que su aislamiento sea difícil.

La mayor parte de la contaminación bacteriana causante de infecciones, está asociada a la contaminación fecal del agua. Son varios tipos de bacterias los que forman el género *Salmonellatiphy*, *Escherichia Coli*, *Shigella*, Coliformes fecales, Coliformes totales, responsables de un gran número de problemas de salud pública tanto en aguas como en alimentos. La salmonelosis presenta como síntomas gastroenteritis aguda que en casos graves puede llegar a la muerte, la vía normal de infección es la fecal-oral. Los tipos de *Salmonella* que producen enfermedades más graves son la *Salmonella typhi* responsable de las fiebres tifoideas y la *Salmonella paratyphi* y *Salmonella schottmuelleri* (fiebres paratifoideas). La *Shigella* no resiste tan bien en el medio ambiente, produce una disentería bacteriana.

*Salmonella typhies* se transmite por medio de alimentos o agua contaminados con materia fecal y orina de personas portadoras. Es resistente a bajas temperaturas lo que le permite transmitirse a través de alimentos conservados a bajas temperaturas. Este bacilo causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados, la forma más común de transmisión es a través del agua. Las personas se infectan después de consumir comida y bebida que se han manejado por personas infectadas o por agua potable que ha sido contaminada por aguas residuales que contienen la bacteria.

Los microorganismos coliformes son bacilos Gram negativos, no espirulados, aerobios o anaerobios facultativos, y fermentan la lactosa a 35 °C con la producción de ácido y gas. El grupo de los microorganismos coliformes

es el más ampliamente utilizado en la microbiología de los alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas.

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, entre otros. La presencia de coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de aguas: deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas. En caso de estar presentes, su número no puede ser superior a 2-3 coliformes. Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectas en días consecutivos.

La presencia de coliformes fecales está dividida en dos géneros: *Enterococcus* y *Streptococcus*. Todos los *Enterococcus* presentan alta tolerancia a condiciones ambientales adversas (altas o bajas temperaturas, deshidratación, salinidad, luz solar). El género *Streptococcus* es más abundante en heces animales. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal. Los microorganismos coliformes son un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Los Coliformes fecales comprenden el género *Escherichia* en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los volúmenes de agua con altos niveles de esta bacteria pueden contener una amplia gama de parásitos, bacterias y virus causantes de enfermedades, las cuales pueden variar desde condiciones leves como las infecciones agudas del oído, hasta otras más graves que amenazan la vida tales como la fiebre tifoidea y la hepatitis.

Los Coliformes totales se definen como bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no espirulados que pueden desarrollarse en presencia de sales

biliares y otros agentes tensoactivos con propiedades similares de inhibición del crecimiento. La *Escherichia Coli* es una bacteria común que vive en los intestinos de los animales y las personas. La mayoría de estas cepas no son perjudiciales, aunque hay una variedad peligrosa llamada *E. Coli O157:H7* que produce una sustancia tóxica muy poderosa. Los brotes a menudo ocurren cuando la bacteria *E Coli* llega a los alimentos. Esta bacteria puede mezclarse accidentalmente con la carne, los vegetales crudos, los germinados y las frutas que se cultivaron o se lavaron con agua sucia pueden ser portadores de *E. Coli*. La infección por la *E. Coli* afecta los glóbulos rojos y los riñones.

*Escherichia Coli*, está compuesta por 14 serotipos, causantes de gastroenteritis y de múltiples ataques de diarrea a turistas que visitan zonas cálidas. El cólera es producido por *Vibrio cholerae*, su propagación por medio de la debida el consumo de agua potable contaminada o por alimentos manipulados por un portador o lavados con agua contaminada.

La *Campylobacter* es responsable de un alto número de procesos diarreicos, los abastecimientos sin clorar son los principales focos de infección, la transmisión es vía fecal-oral. El principal riesgo de contaminación del agua en la red de distribución es debido a la contaminación por heces por infiltraciones, ausencia de desinfectante residual en los valores de concentración adecuados y por sedimentos en el fondo de las tuberías que provocarán y favorecerá el crecimiento de microorganismos.

El agua también puede estar contaminada por protozoarios como *E. histolytica*, que también indica contaminación fecal del agua. Los gusanos intestinales (lombrices y hongos) pueden transmitirse también a través de aguas contaminadas. Una infección con protozoarios puede causar problemas crónicos de digestión, que pueden conducir a una malnutrición. Los niños malnutridos tienen mayor probabilidad de sufrir diferentes tipos de infecciones. Los Protozoos que pueden aparecer de manera más frecuente y son responsables de epidemias del *Cryptosporidium* y *Giardia lamblia*.

La *Cryptosporidium* está ampliamente distribuido en la naturaleza y es portado por todo tipo de animales, éste se protege en el ambiente formando unas esporas

conocidas como o quistes que le permiten vivir largos períodos de tiempo hasta que son ingeridos, la principal vía para contraer es la vía fecal-oral, su sintomatología incluye diarreas, fiebre, dolores abdominales, náuseas y vómitos.

La *Giardia lamblia* se encuentra en un rango muy amplio de animales donde vive libremente en los intestinos. En el agua está en forma de quistes que son capaces de sobrevivir largos periodos de tiempo. Este parásito produce una enfermedad denominada Giardiasis que afecta al estómago e intestinos provocando una diarrea acompañada de cólico con malestar general.

Los virus son microorganismos sumamente pequeños (100 veces más pequeños que las bacterias), que no pueden ser observados con microscopios ordinarios. Existen virus de origen intestinal, que pueden transmitirse a través del agua, como el virus de la poliomielitis (parálisis infantil). Los virus pueden sobrevivir en el medio ambiente durante largos periodos de tiempo. La hepatitis infecciosa, enterovirus, retrovirus, adenovirus y otros son transmitidos por el agua.

#### **2.2.6 Sistema de Desinfección SODIS**

Uno de los métodos de desinfección más simples y menos costosos para suministrar agua de calidad aceptable para el consumo humano es la radiación solar, que algunos técnicos han llamado SODIS. Este método es ideal cuando las condiciones económicas y socioculturales de la comunidad ponen en riesgo la sostenibilidad de otras alternativas de tratamiento y desinfección, como la filtración o el uso de cloro, aun cuando éstas también sean reconocidas como simples y económicas.

En esta parte se analizan algunas alternativas de bajo costo para la desinfección del agua mediante energía solar, principalmente aquellas factibles en comunidades rurales. Los usuarios de SODIS llenan botellas plásticas de refresco de 0,3 a 2,0 litros con agua de baja turbidez, las agitan para que se oxiden y las colocan en un techo o rejilla durante 6 horas (si hace sol) o 2 días (si está nublado). Los efectos combinados del daño del ADN inducido por la

luz ultravioleta (UV), la inactivación térmica y la destrucción fotooxidativa inactivan los organismos que causan enfermedades.

#### **2.2.6.1 Mecanismo de Desinfección del Método SODIS**

Buena parte del poder de desinfección del método SODIS se debe a la acción fotoquímica. El funcionamiento de la SODIS se basa en la pasteurización, que es un proceso térmico. En general puede afirmarse que la mayoría de las bacterias mueren entre los 40 y los 100° C, mientras que las algas, protozoarios y hongos lo hacen entre los 40 y los 60° C. El resultado es la eliminación de la mayoría, sino de todos los microorganismos presentes. Si bien la susceptibilidad al calor se encuentra condicionada por factores como la turbiedad del agua, la concentración de células, estado fisiológico y otros parámetros, el proceso de pasteurización destruye coliformes y otras bacterias no termotolerantes.

SODIS usa dos componentes de la luz solar para la desinfección del agua: El primero, la radiación UVA, tiene efecto germicida y el segundo componente, la radiación infrarroja, que eleva la Temperatura del agua y genera el efecto de pasteurización cuando la temperatura llega a 70-75°C. La radiación solar puede dividirse en tres rangos de longitud de onda: radiación UV, luz visible y radiación infrarroja. La luz UVA tiene un efecto letal en los patógenos presentes en el agua que afectan a los humanos. Estos patógenos no se adaptan bien a las condiciones ambientales agresivas, pues sus condiciones de vida específicas son las del tracto gastrointestinal humano.

La radiación UVA interactúa directamente con el ADN, los ácidos nucleicos y las enzimas de las células vivas, cambia la estructura molecular y también reacciona con el oxígeno disuelto en el agua y produce formas altamente reactivas de oxígeno. Estas moléculas matan a los patógenos. Otro aspecto de la luz solar es la radiación de onda infrarroja. La radiación infrarroja absorbida por el agua es responsable de su calentamiento. Los

microorganismos son sensibles al calor. La desinfección es dependiente de la temperatura; cada microorganismo posee una resistencia térmica (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Resistencia Térmica de los Microorganismos.

<b>Resistencia térmica de los microorganismos</b>			
<b>Microorganismos</b>	<b>Temperatura para desinfección al 100 % (°C)</b>		
	1 min	6 min	60 min
Enterovirus			62
Rotavirus			62 °C por 30min
Salmonella		62	58
Shigella		61	54
Vibrio Cholerae			45
Quistes de Histolytica	57	54	50
Quistes de Giardia	57	54	50
Huevos y Larvas de Gusano Ganchudo		62	51
Huevos de Áscaris	58	62	57
Huevos de Esquistosoma	60	55	50
Huevos de Tenia	65	57	51

**Fuente:** Meierhofer, Regula y Wegelin. (2003).

Los patógenos que afectan a los humanos se adaptan a vivir en los intestinos de las personas, donde encuentran un ambiente húmedo y oscuro y temperaturas que oscilan entre los 36°C y los 37°C. Una vez descargados en el medio ambiente, estos patógenos son muy sensibles a las condiciones fuera del cuerpo humano. No pueden tolerar temperaturas elevadas y no tienen ningún mecanismo de protección contra la radiación UV. Por lo tanto, es posible usar la temperatura y la radiación UV para inactivar a estos patógenos.

Las investigaciones han demostrado que SODIS destruye las bacterias y los virus patógenos. Se ha documentado la inactivación de los siguientes microorganismos: Bacterias: Escherichia Coli (E. Coli), Vibrio cholerae, Streptococcus faecalis, Pseudomonas aeruginosa, Shigella flexneri, Salmonella typhi, Salmonella enteritidis, Salmonella paratyphi. Virus: Bacteriófagos F2, Rotavirus, Virus de la Encefalomiocarditis. Levaduras y mohos: Aspergillus niger, Aspergillus flavus, Candida, Geotrichum, Sin embargo, todavía no se ha evaluado sistemáticamente la inactivación de organismos que forman quistes y esporas como protozoarios, Entamoeba histolytica, Giardia intestinalis, Cryptosporidium parvum y helmintos, mediante la desinfección solar del agua.

#### **2.2.6.2 Ventajas**

- Mejora la calidad microbiológica del agua potable y por tanto la salud.
- Extremadamente bajo costo.
- Fácil de entender y de usar.
- Depende de los recursos disponibles localmente, las botellas de plástico y la luz solar.

#### **2.2.6.3 Desventajas**

- No trata la contaminación química.
- Depende en gran medida del clima y del clima.
- Solo se pueden tratar pequeños volúmenes a la vez e independientemente de la simplicidad, es relativamente lento cubrir todo el consumo de agua de un hogar con SODIS.
- Requiere la disponibilidad de botellas de PET (o bolsas de plástico).
- Necesita grandes esfuerzos en términos de promoción e información para tener impacto.

#### **2.2.6.4 Selección del Recipiente**

El recipiente que es más eficiente para la aplicación del método SODIS es el llamado PET, debido a que son buenos transmisores de luz en el rango UV-

A y visible del espectro solar. Las botellas de plásticos están hechas de tereftalato de polietileno (PET), contiene aditivos como estabilizadores UV, para proteger el contenido del recipiente de la oxidación y radiación de los rayos ultravioleta. Se recomienda el uso de botellas PET, ya que contienen mucho menos aditivos. Las botellas de PET poseen algunas características, como lo son: no superan una profundidad de 10 cm cuando están horizontalmente expuestas al sol, pueden mantenerse cerradas al ambiente, son fáciles de manipular, son químicamente estables, se encuentran fácilmente disponibles a un bajo costo (ver figura 1).



**Figura 1.** Botellas PET.

**Fuente:** <http://www.mx.all.biz/botellas-de-pet-para-agua-con-sus-tapasg29702>

### **2.3 Bases Legales**

La Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1.999, vigente denominada: Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en el artículo 127 señala “**Es un derecho y deber de cada generación proteger y**

**mantener el ambiente en beneficio de sí mismo y del mundo futuro...**", así como también, expone en el artículo 326 **"La seguridad de la nación se fundamenta en la correspondencia entre el estado y la sociedad civil para dar cumplimiento a los principios que rigen dicha seguridad, entre ellos el servicio de conservación ambiental"**.

Por otro lado, la Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela N°5.833 de fecha 22 de diciembre de 2006, vigente denominada: la Ley Orgánica de Ambiente, en el artículo 30 el cual contiene las directrices del plan nacional a escala regional, estatal, municipal y local, menciona en el numeral 2 **"La conservación, manejo y uso sustentable de los recursos naturales"**, a su vez en el numeral 4 la **"Detección y evaluación de los conflictos socio-ambientales y manejo alternativo de los mismos"**. Así mismo, en el artículo 50 se acota que **el aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica debe hacerse de manera que garantice su sustentabilidad**.

La Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.395 de fecha 13 de febrero de 1998, vigente denominada: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable en el capítulo II de los aspectos microbiológicos, describe en el artículo 9 **"Los resultados de los análisis bacteriológicos del agua potable deben cumplir los siguientes requisitos: a. Ninguna muestra de 100ml., deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales)"**. En este mismo orden de ideas, también señala el artículo 11, que cita **"el agua potable no debe contener organismos heterótrofos aerobios en densidad mayor a 100 ufc/ml"**.

En este mismo sentido, Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°38.595 del 2 de enero de 2007, denominada: Ley de Aguas, en el artículo 2 señala **"La gestión integral de aguas comprende un conjunto de actividades dirigidas al manejo de las aguas en beneficio colectivo, efectuadas en forma coordinada y en cooperación..."**. También destaca en el

artículo 3, numeral 1 “**El objetivo principal de garantizar la conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas con el fin de satisfacer las necesidades humanas, ambientales y las demandas generadas por los procesos productivos del país**”.

#### **2.4 Definición de Términos Básicos**

- **Agua cruda:** Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.
- **Bacterias:** Son organismos procariotas unicelulares, que se encuentran en casi todas las partes de la tierra, vitales para los ecosistemas del planeta.
- **Desinfección solar:** Es un método de tratamiento simple que usa radiación solar con la idea de potabilizar el agua a un bajo costo y gran eficacia mediante el uso de botellas de tereftalato de polietileno.
- **Patógenos:** Es un microorganismo que origina y desarrolla una enfermedad.
- **Propuesta:** Es una proposición o idea que se manifiesta a alguien para un determinado fin.
- **Radiación solar:** Es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas.
- **Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que actúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia.
- **Virus:** Son organismos de estructura muy sencilla, compuestos de proteínas y ácidos nucleicos, capaces de reproducirse en el seno de células vivas específicas, utilizando su metabolismo.

## 2.5 Cuadro Técnico-Methodológico

**Cuadro 1. Cuadro Técnico-Methodológico**

<b>Objetivo General: PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO "SODIS", URB. CARIALINDA, MUNICIPIO NAGUANAGUA, ESTADO CARABOBO.</b>				
<b>Objetivos Específicos.</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>
Diagnosticar la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad "Urb. Carialinda" municipio Naguanagua, estado Carabobo.	Diagnóstico	Determinar presencia de patógenos en una muestra de agua.	Técnica	Análisis de calidad del agua
Ensayar la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS.	Factibilidad	Disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos y metas señaladas. Generalmente la factibilidad se determina sobre un proyecto.	Técnica	Normas Análisis de calidad del agua
			Económica	Recursos
			Humana	Capacidad
Diseñar la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano "SODIS", en la comunidad "Urb. Carialinda" municipio Naguanagua, estado Carabobo.	Propuesta	Plan detallado para la ejecución de una acción o una idea	Técnica	Lineamientos

**Fuente:** Márquez, Maralys (2021)

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

Según Arias (2012) “La metodología del proyecto incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el "cómo" se realizará el estudio para responder al problema planteado”.

#### **3.1 Tipo de Investigación**

El Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), define el proyecto factible como: “Un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”. De lo anteriormente expuesto se puede ubicar el presente trabajo de grado como un proyecto factible; debido a que se presenta una propuesta de un sistema de desinfección de agua SODIS, para solventar una problemática del agua no apta para consumo humano que existe en la urbanización Carialinda.

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

Según el diseño es investigación documental y de campo. Arias (2012) describe que, “El diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado”. Al respecto, Hernández, Fernández y Baptista, (2014) afirman “es un plan o estrategia para obtener la información que se requiere en una investigación, con el propósito de responder a las preguntas de la investigación planteadas y cumplir con los objetivos del estudio” (p. 158). Además, indican que “el diseño se refiere al abordaje general que se utilizará en el proceso de investigación”(p. 686).

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista, (2014) la investigación de campo, “busca especificar propiedades, características y rasgos importantes” (p. 103). Es decir, conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes mediante la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Arias (2012), la investigación documental es “un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, críticas e interpretación de datos secundarios, registrados por otros investigadores en fuentes documentales”. El diseño de esta investigación es de campo, ya que, los datos fueron obtenidos de una fuente primaria a través de la captación de una muestra y los análisis de laboratorio. Además, es documental, ya que fue necesaria la documentación de bibliografías y revistas.

### **3.3 Nivel de la Investigación**

El nivel de la presente investigación es descriptivo. Según Arias (2012), la investigación descriptiva “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o suceso con establecer su estructura o comportamiento”. Esta investigación es descriptiva, ya que, se captó inicialmente una muestra de agua en una vivienda de la urbanización Carialinda, se realizó la caracterización microbiana, para establecer si era apta para consumo humano según los parámetros establecidos en las normas, sin manipular de ninguna manera la muestra.

### **3.4 Población y Muestra**

En esta sección se describe la población, así como el tamaño y forma de selección de la muestra, es decir, el tipo de muestreo. Hernández, Fernández y Baptista (2014) “Una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”. Una población es “Un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (Arias, 2012, p. 81). En este caso la población en estudio fue el agua de la fuente superficial, llamada quebrada

Agua Linda que abastece a la urbanización Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo.

Según Arias (2012), la muestra es un "Subconjunto representativo de un universo o población". La muestra, "Es una parte del todo que llamamos universo y que sirve para representarlo". (Sabino, 2014, p.99).

Según Hernández, Fernández y Baptista, (2014) "En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador". Cabe destacar que salvo en situaciones muy concretas, en la que los errores cometidos no son grandes, debido a la homogeneidad de la población, en general no es un tipo de muestreo riguroso y científico, dado que no todos los elementos de la población pueden formar parte de la muestra. En este tipo, el procedimiento no es mecánico, no se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores. Arias (2012), define la muestra no probabilística e intencional como la "selección de los elementos con base en criterios o juicios del investigador". Para efectos del estudio, se dispuso de una muestra no probabilística, en su modalidad intencional, conformada por dos (02) elementos captados en una vivienda ubicada en la comunidad en estudio y uno (01) captado en el tanque que abastece a la comunidad de Carialinda y Colinas de Girardot.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos**

Las técnicas o métodos y los instrumentos de investigación son los medios o formas de recolectar información que utiliza el investigador para medir el comportamiento o los atributos de las variables. Según Arias (2012), indica que "Son las distintas formas o maneras de obtener información". Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), "La recolección se basa en instrumentos estandarizados. Los datos se obtienen por observación, medición y documentación. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y

confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura y se prueban y ajustan”. Las técnicas utilizadas fueron: la observación directa, la observación participante y la encuesta, ya que se realizaron descripciones de lo que se estaba observando y anotaciones ordenadas de manera cronológica, que permitieron contar el qué, cómo, cuándo y dónde. Además de la encuesta y la revisión bibliográfica.

Según Tamayo (2007, p. 193), la observación directa “Es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”. Así mismo, “La observación participante puede ser usada para ayudar a responder preguntas de investigación, para construir teoría, o para generar o probar hipótesis”. (Dewalt y Dewalt 2002, p.8). Además, añaden “Que mejora la calidad de la recolección e interpretación de datos, y facilita el desarrollo de nuevas preguntas o hipótesis de investigación”.

Hernández, Fernández y Baptista (2014), definen la encuesta como “La técnica más utilizada para recolectar datos, consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir”.

Arias (2012) define los instrumentos de recolección de datos como “Los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información”. La recolección de datos con base en la medición numérica y el análisis normativo, con el fin establecer pautas de comportamiento, es decir, análisis de las muestras; revisión de la literatura y artículos que pueden ser útiles para la investigación. Los instrumentos de recolección de datos que se utilizaron fueron: la lista de chequeo, memoria fotográfica, entrevistas tipo no estructurada a ser aplicada a personas con alto conocimiento en los procesos de desinfección del agua y matriz DOFA.

Hernández (2014) señala que la entrevista no está estructurada, “El entrevistador toma como base un guión, pero las preguntas son abiertas y no tienen estandarización”.

Arboleda (2014) señala que la lista de chequeo es “Un instrumento que revisa de forma ordenada el cumplimiento de procedimientos que se llevan a cabo” (pág. 33). Muñoz y Bolaños (2015), concretan que “Los listados de verificación son ayudas cognitivas para la realización de determinadas actividades. Se ha demostrado su eficacia tanto para garantizar la correcta ejecución de concretas funciones, como en la prevención de errores al sistematizar las acciones y constituir un recordatorio de las mismas”. (pág. 52). La lista de chequeo ayuda a que cada procedimiento se lleve de manera ordenada y así poder manifestar al final del proceso que el efecto es óptimo, en definitiva, es útil para cualquier situación que emerge al proceso sistematizado para prever cualquier tipo de falta.

Según Talancón (2006), afirma que:

El análisis DOFA es una herramienta de diagnóstico y análisis para la generación creativa de posibles estrategias a partir de la identificación de los factores internos y externos de la organización, dada su actual situación y contexto. Se identifican las áreas y actividades que tienen el mayor potencial para un mayor desarrollo y mejora y que permiten minimizar los impactos negativos del contexto.

Además, Villatoro (2006), en su investigación Análisis DOFA señala que:

El nombre es un acrónimo de las iniciales de los factores analizados: debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas. En primer lugar, se identifican los cuatro componentes de la matriz, divididos en los aspectos internos que corresponden a las fortalezas y las debilidades, y los aspectos externos o del contexto en el que se desenvuelve la organización que corresponden a las oportunidades y las amenazas.

**Tabla 2.** Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

<b>Técnica</b>	<b>Instrumentos</b>
Observación Participante	Matriz DOFA
Observación Directa	Lista de Chequeo Memoria Fotográfica
Encuesta	Entrevista No Estructurada

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

### **3.6 Análisis de Datos**

Arias (2012) “En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso”. Luego de la toma de la primera muestra, posteriormente se realizaron los análisis de laboratorio correspondientes para medir la cantidad de patógenos que contiene dicha muestra. Los datos obtenidos se organizaron para posteriormente proceder con la revisión crítica de la información, para ello se realizó una tabla comparativa de los resultados emitidos por el laboratorio del análisis de cada una de las muestras.

### **3.7 Fases Metodológicas**

**FASE I. Diagnóstico de la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.**

Se inició con la captación de la muestra de agua (muestra 1) en un recipiente esterilizado, con tapa, en una vivienda ubicada en el punto medio de la red de distribución de la urbanización Carialinda, para que fuera una muestra representativa de la población de estudio. La muestra se analizó en un laboratorio debidamente certificado por el Ministerio del Ambiente, con el fin de poder conocer mediante el análisis del agua la cantidad de microorganismos que el agua contiene, es decir, la cantidad de coliformes y aerobios mesófilos presentes en la muestra. Luego el laboratorio evaluó la muestra, emitió los resultados de los parámetros microbiológicos del análisis a través de un informe, comparando los resultados obtenidos con los valores permisibles según la Gaceta Oficial 36.395 en el artículo 11 y artículo 9 y sus respectivas observaciones. Con este procedimiento, se buscó evidenciar la calidad bacteriológica de la muestra de agua. La matriz DOFA se utilizó para identificar las condiciones internas de la urbanización Carialinda en cuanto a la

calidad del agua para consumo y la disposición de la comunidad a aplicar el método de desinfección que se propone.

**FASE II. Ensayo de la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS.**

El método que se aplicó fue SODIS; se inició con el llenado de una botella de PET o tereftalato de polietileno con agua captada en la misma vivienda donde se tomó la primera muestra, luego se llevó al laboratorio, tal como se hizo con la muestra cruda (sin aplicar SODIS) para que le fuesen realizados los mismos análisis que a la muestra 1, Luego el laboratorio evaluó la muestra (muestra 2), emitió los resultados de los parámetros microbiológicos del análisis y elaboró un informe comparando los resultados obtenidos con los valores permisibles según la Gaceta Oficial 36.395 en el artículo 11 y artículo 9 y sus respectivas observaciones. Estos valores obtenidos luego de aplicar el método, permitieron al investigador saber si el método funcionaba para así proceder al diseño de la propuesta.

**FASE III. Diseño de la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.**

Esta fase comprendió todo lo que requiere la elaboración de la propuesta. En la misma, se especificaron los objetivos de la propuesta, teniendo en cuenta el resultado de la matriz DOFA para la elaboración de la matriz estrategia, con base en el alcance o delimitación de la misma, se elaboró un diagrama de contexto y una guía para el procedimiento de desinfección aplicando el método, con la finalidad de darlo a conocer a los integrantes de la Mesa Técnica del Agua de la Urbanización, para su posterior difusión por parte del Consejo Comunal de la Urb. Carialinda.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 FASE I. Diagnosticar la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.**

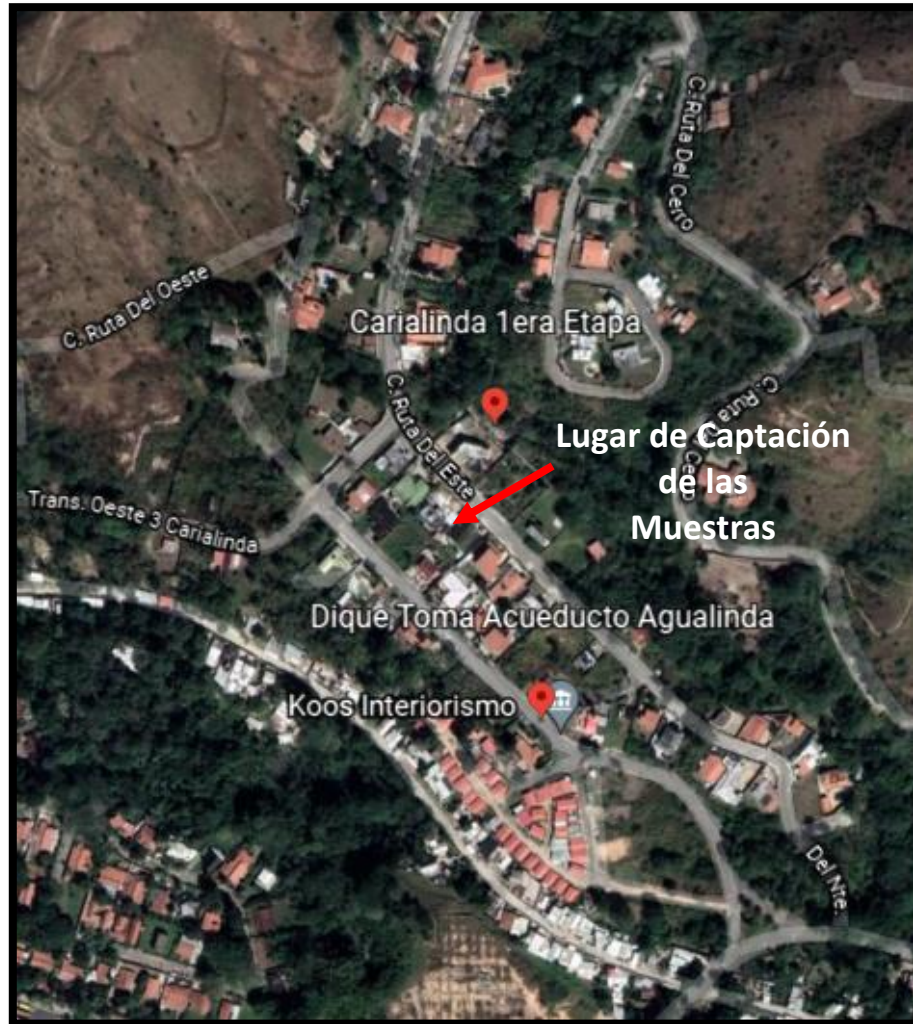
La situación de la salud pública en los países en desarrollo puede conducir abruptamente a una propagación exagerada de epidemias y Venezuela no escapa a esta dura realidad. El cólera, por ejemplo, sigue constituyendo un riesgo de tales brotes epidémicos por lo que es necesario contar con métodos adecuados de tratamiento del agua y evitar la contaminación secundaria del agua potable, además de una promoción de la higiene, para evitar que la población sin acceso a agua potable segura se enferme y muera, es por esto que se propone usar el método SODIS, ya que, brinda a los usuarios individuales un método simple que se puede aplicar a nivel del hogar bajo su propio control y responsabilidad.

Es de suma importancia advertir que la comunidad en estudio, según informaciones suministradas por las autoridades estatales y locales, y constatadas en sitio, es abastecida por una toma de agua directa de la quebrada Agualinda (fuente de agua superficial), ubicada en las adyacencias de la Urbanización Carialinda, el agua llega totalmente cruda a las casas (sin ningún tipo de tratamiento). Por lo tanto, se requiere una combinación de tratamiento del agua, almacenamiento seguro del agua, educación sanitaria y saneamiento adecuado para obtener un efecto positivo y duradero en la salud pública.

Para dar respuesta al primer objetivo específico del presente trabajo de investigación, se procedió a captar la muestra en una vivienda ubicada en la Av. Principal de la Urb. Carialinda, se seleccionó esta vivienda debido a que se encuentra en el punto medio del recorrido en la red de abastecimiento (ver figura 2), razón por la que se consideró representativa.

#### 4.1.1 Ubicación Geográfica de la Comunidad en Estudio

La Comunidad de Carialinda, se ubica en el Municipio Naguanagua del Estado Carabobo. En la figura 2 se puede apreciar la vista de planta de la presente comunidad en estudio.



**Figura 2.** Ubicación geográfica de Carialinda y lugar de captación de las muestras.

**Fuente:**

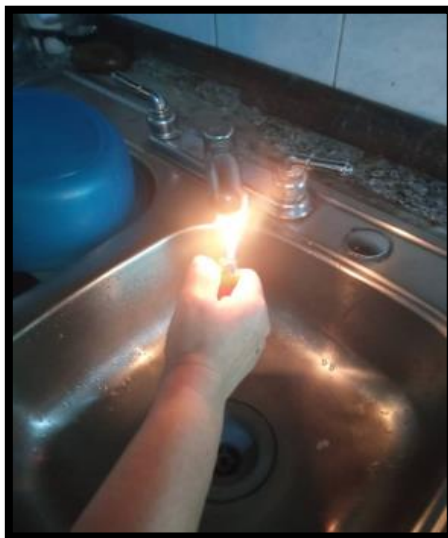
[https://earth.google.com/web/search/Agualinda,+Carialinda/@10.30150072,-68.03900784,618.03450541a,1506.37429836d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCc8bEnaNpCRAEcQMcm03liRAGV6hZEtWAlHAIXu1fpu\\_A1HA](https://earth.google.com/web/search/Agualinda,+Carialinda/@10.30150072,-68.03900784,618.03450541a,1506.37429836d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCc8bEnaNpCRAEcQMcm03liRAGV6hZEtWAlHAIXu1fpu_A1HA)

En la figura 3 se puede apreciar una fotografía de la quebrada Agua Linda, ubicada en la Urb. Carialinda, estado Carabobo.



**Figura 3.** Quebrada Agua Linda.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

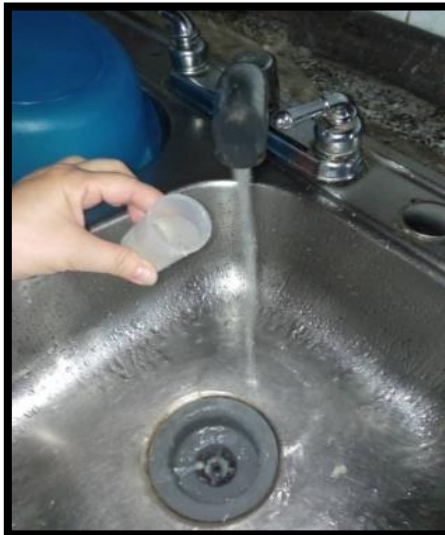
A continuación, se muestran las imágenes capturadas al momento de la captación de la primera muestra (Muestra 1), en las figuras 4, figura 5 y figura 6 respectivamente.



**Figura 4.** Flameado de la tubería para realizar la Captación de la Muestra 1.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 5.** Curado de la tubería para Captación de la Muestra 1.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 6.** Captación de la Muestra 1.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

En la figura 7, se aprecian los resultados obtenidos por el laboratorio Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA-UC) del análisis bacteriológico de la primera muestra.

IA-UC **MICROBIOLOGIA** MC 1/1

**ANALISIS MICROBIOLÓGICO**

**1.- DATOS INFORMATIVOS**

1.- Empresa: Maralys Márquez  
 2.- Dirección fiscal:

4.- Fecha de Captación: 17/05/2021.  
 5.- Analista: Leda. Annhymariet Torrellas  
 6.- Codificación de la Muestras: RM 748  
 Muestra 1: Agua de Pozo

**2.- CAPTACIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra fue Consignada por el CLIENTE quedando bajo su responsabilidad todo lo relacionado con la norma COVENIN 2614.1994 "Agua potable. Toma de muestra".

**3.- RESULTADOS**

Tabla N° 1. Resultados de los parámetros microbiológicos evaluada en la muestra de agua.

Parámetro(s)	Unidad	1	G.O 36395		
			Art.	Valores permisibles	N° de Método*
Aerobios mesófilos	UFC/ml	400	11	<100	9215-B
Coliformes totales	UFC/100ml	80	9.a	Ausente (Muestras consecutivas)	9222-B
Coliformes fecales	UFC100/ml	30	9.a	Ausente	9222-D

\*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21°. N/A: No Aplica, Valor no establecido como requisito microbiológico. UFC/ml: Unidades Formadoras de Colonias por millilitro de Agua. G.O. 36.395: Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable.

**4.- OBSERVACIONES**

1.- La Muestra de agua analizada NO CUMPLE con los valores microbiológicos establecidos en los Art 11 y 9.a de la G.O. 36.395: Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable.

**Analizado por:** *Annhymariet Torrellas*  
 Leda. Annhymariet Torrellas  
 Analista Microbiología

**Autorizado por:** *Luis Medina*  
 Dr. Luis Medina  
 Director

REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
 UNIVERSIDAD DE CAROLBO  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES MICROBIOLÓGICAS APLICADAS  
 FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**Figura 7.** Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 1.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

En la metodología empleada en esta investigación, se indicó la utilización de la matriz DOFA, la cual es una de las herramientas esencial para identificar las amenazas y debilidades que se presentan para luego desarrollar estrategias y generar acciones. En el presente estudio se consideran los factores externos (amenazas y oportunidades) y los factores internos (debilidades y fortalezas) que pueden favorecer o poner en riesgo el cumplimiento de la realización de la propuesta.

Tomando la previsión de esas oportunidades y amenazas, se posibilitan los escenarios en forma anticipada para poder reorientar el trabajo, si fuera el caso. Desde este punto de vista, el análisis DOFA es funcional; pues procura disminuir las debilidades, incrementar las fortalezas, considerar y atender puntualmente las amenazas y aprovechar al máximo las oportunidades, todo esto, para favorecer el logro de los objetivos propuestos. Bajo este esquema de exploración, surge la matriz DOFA (ver tabla 3). A través del análisis FODA se realiza la vinculación de las líneas de acción, las cuales cumplen los parámetros elementales para ejecutarlas en el área de proyección, mediante la matriz estrategia (ver tabla 4).

**Tabla 3. Matriz FODA.**

<b>FORTALEZAS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>
1. Buena disposición de los representantes de la Mesa Técnica del Agua (MTA) del consejo comunal de Carialinda, para aplicar el método SODIS. 2. El método SODIS es económico y fácil de utilizar.	1. Existencia del método SODIS, conocido y avalado por entes de nivel mundial. 2. Cursos gratuitos de capacitación del método SODIS para la comunidad. 3. Enlace, demanda y buena comunicación de autoridades y empleados comunales en el fortalecimiento de la comunidad.
<b>DEBILIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
1. Desconocimiento acerca de la calidad del agua que consume la comunidad. 2. Ausencia de un sistema de desinfección del agua.	1. La comunidad tiene abastecimiento de agua cruda. 2. La comunidad no cuenta con servicio permanente de agua potable.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

**Tabla 4.** Matriz Estrategia.

	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<b>FORTALEZAS</b>	Efectuar talleres para una buena implementación del método en la comunidad, capacitando a los representantes de la MTA para que lo hagan extensivo a la comunidad.	Informar a la comunidad de la contaminación del agua y del método de desinfección, a través de las redes sociales.
<b>DEBILIDADES</b>	Seleccionar a las personas capacitadas para la difusión del método SODIS, de la Urbanización Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo.	Elaborar un plan de acción para implementar el sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

#### **4.2 FASE II. Ensayar la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS.**

El método aplicado se denomina SODIS, los recursos necesarios son:

1. Botella de PET o tereftalato de polietileno.
2. El agua que se desea desinfectar.
3. Una superficie de preferencia reflectante para exponer la botella con la muestra a los rayos solares.
4. La normativa legal con la que se compararon los resultados para constatar la potabilidad o no del agua, es decir, si es apta para consumo humano.
5. Laboratorio acreditado para realizar el análisis de las muestras.

Una vez constatado que se cuenta con todos los requerimientos necesarios, es técnicamente factible realizar el análisis bacteriológico a la muestra de agua captada. Es importante mencionar que la captación se llevó a cabo en la misma vivienda que se tomó la primera muestra, se analizó en el laboratorio que lleva por nombre: Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA); los

resultados fueron comparados con los parámetros microbiológicos de la Gaceta Oficial 36.395 en el artículo 11 y artículo 9 y siga los requerimientos de las normas antes descritas.

#### **4.2.1 Llenado de botella de PET o tereftalato de polietileno con agua aplicando el método SODIS.**

El recipiente que se recomienda para la aplicación del método SODIS son las botellas de plásticos, hechas de tereftalato de polietileno (PET), como la que se seleccionó para la aplicación del método SODIS (ver figura 8). En la figura 9 se puede apreciar la captación del agua desde un grifo de una casa ubicada en la comunidad en estudio, lugar donde se hizo la captación de la primera muestra (ver figura 9). Las botellas de PET se colocaron horizontalmente expuestas al sol durante nueve (09) horas continuas, no superando una profundidad de lámina de agua de 10 cm (ver figura 10).



**Figura 8.** Selección de la botella PET.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 9.** Captación de la Muestra 2.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 10.** Aplicación del método SODIS.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

#### **4.2.2 Resultados emitidos por el laboratorio**

Luego de tomar una muestra del agua que contiene la botella de PET, expuesta al sol durante nueve (09) horas y de analizarla en un laboratorio siguiendo los procedimientos descritos en el Standard Methods for examination of Water and Wastewater 21° (como lo señala el informe del laboratorio), se determinaron los parámetros microbiológicos y los resultados obtenidos se compararon con los valores permisibles establecidos en la Gaceta Oficial 36.395 en el artículo 11 y artículo 9 y se siguieron los requerimientos de las

normas antes descritas, se emitieron los resultados por el laboratorio Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas mostrados en la figura 11.

**MICROBIOLOGIA**

**ANALISIS MICROBIOLÓGICO** MC

**1.- DATOS INFORMATIVOS**

1.- Empresa: Maralys Márquez  
 2.- Dirección fiscal: Quebrada Agua Linda, Naguanagua.  
 3.- Fecha de Captación: 27/09/2021.  
 4.- Analista: Lcda. Annhymariet Torrellas  
 5.- Codificación de la Muestra: RM 823  
 Muestra: Agua

**2.- CAPTACIÓN DE LA MUESTRA**

La muestra fue captada por el cliente quedando bajo su responsabilidad todo lo relacionado con la toma de muestra.

**3.- RESULTADOS**

Tabla N° 1. Resultados de los parámetros microbiológicos evaluada en la muestra de agua.

Parámetro(s)	Unidad	I	N° de Método*
Aerobios mesófilos	UFC/ml	648	9215-B
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausente	9222-B
Coliformes fecales	UFC/100/ml	Ausente	9222-D

\*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21\* UFC/ml: Unidades Formadoras de Colonias por mil Agua.

Analizado por: *Annhymariet Torrellas*  
 Lcda. Annhymariet Torrellas  
 Analista Microbiología

  
 REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
 UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES MICROBIOLÓGICAS APLICADAS  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE CIENCIAS DE LA SALUD

Autorizado por: *[Signature]*  
 Dr. Luis Medina  
 Director

**Figura 11.** Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 2.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

**Tabla 5.** Comparación de Resultados al Aplicar el Método SODIS

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	400	648
Coliformes Totales	UFC/100 ml	80	Ausente
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	30	Ausente

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Realizando una comparación entre la Muestra 1 y la Muestra 2 (ver tabla 5), se puede observar que los Coliformes Totales y los Coliformes Fecales, se encuentran totalmente ausentes luego de haber aplicado el método SODIS, en una muestra de agua durante nueve (09) horas continuas. El aumento de los aerobios mesófilos se puede deber a que no se alcanzó en la muestra una temperatura superior a los 40°C, por lo que decidió tomar una tercera muestra, la misma se captó en el tanque de almacenamiento de la comunidad, con la finalidad de evitar que en la muestra anterior la cantidad de aerobios mesófilos pueda deberse a una contaminación en el tanque de almacenamiento de la vivienda seleccionada.

#### **4.2.3 Captación de la tercera muestra en el tanque de abastecimiento de agua, de la urbanización Carialinda.**

Debido a que era necesaria la captación de una tercera muestra de agua para poder emitir resultados congruentes de la efectividad del método SODIS, en consecuencia de ello, se captó la muestra número tres (03) en el tanque que abastece a la red de distribución de agua de la comunidad de Carialinda (ver figura 12), ubicado en la quebrada Agualinda (ver figura 13). En la figura número catorce (14) se observa la casilla donde se encuentra la tubería de donde se tomó el agua (grifo) para la tercera muestra (ver figura 14). Luego de la selección de la botella de PET, se enjuaga para eliminar cualquier partícula que pueda contaminar la muestra y se procedió a la recolección de la Muestra número tres (03) (ver figura 15 y figura 16 respectivamente).

Se puede observar en la figura 17 que todo lo realizado fue bajo la supervisión de la Mesa Técnica del Agua (ver figura 17), ya que no está permitido el paso sin autorización.

De la misma manera se puede observar las tuberías que surten al tanque principal que abastece toda la red de distribución de agua de la urbanización Carialinda y Colinas de Girardot (ver figura 18).



**Figura 12.** Tanque de distribución de agua, ubicado en la comunidad de Carialinda.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 13.** Quebrada Agualinda, lugar de captación de la Muestra 3.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 14.** Casilla donde se encuentra la tubería donde se tomó la Muestra 3.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 15.** Captación de la Muestra 3.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 16.** Captación de la Muestra 3 con supervisión de la Mesa Técnica del Agua.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 17.** Miembros de la Mesa Técnica del Agua.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 18.** Tuberías que surten al tanque de abastecimiento de la comunidad de Carialinda.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Luego de la captación de la Muestra tres (03), por ser días nublados, se expuso a la luz solar durante cuarenta y ocho (48) horas continuas, colocando un material de aluminio, para así permitir el aumento de la temperatura del agua dentro de la botella (ver figura 19).



**Figura 19.** Aplicación del método SODIS en la Muestra 3.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

#### 4.2.4 Resultados Emitidos por el Laboratorio en la Tercera Muestra

Luego de tomar una muestra del agua que contiene la botella de PET, de la tercera muestra, expuesta al sol durante cuarenta y ocho (48) horas y de analizarla en un laboratorio siguiendo los procedimientos descritos en el Standard Methods for examination of Water and Wastewater 21° (como lo señala el informe del laboratorio), se determinaron los parámetros microbiológicos y los resultados obtenidos se compararon con los valores permisibles establecidos en la Gaceta Oficial 36.395 en el artículo 11 y artículo 9 y se siguieron los requerimientos de las normas antes descritas, se emitieron los resultados por el laboratorio Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas mostrados en la figura 20.

CIMA-UC MICROBIOLOGÍA

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO MC 1/1

**1.- DATOS INFORMATIVOS**  
 1.- Empresa: Marelys Márquez  
 2.- Dirección fiscal: Naguanagua  
 3.- Fecha de Captación: 27/10/2021  
 4.- Analista: Leda. Anghymariet Torrellas  
 5.- Codificación de la Muestra: RM 823  
 Muestra: Quebrada agua linda.

**2.- CAPTACIÓN DE LA MUESTRA**  
 La muestra fue captada por el cliente quedando bajo su responsabilidad todo lo relacionado con la norma COVENIN 2614.1994 "Agua potable. Toma de muestra".

**3.- RESULTADOS**  
 Tabla N° 1. Resultados de los parámetros microbiológicos evaluada en la muestra de agua.

Parámetro(s)	Unidad	I	G.O. 36395	
			Art. Valores permisibles	N° de Método*
Aerobios mesófilos	UFC/ml	Ausente	11 <100	9215-D
Coliformes totales	UFC/100ml	Ausente	9a Ausente	9222-II
Coliformes fecales	UFC/100ml	Ausente	9a Ausente	9222-D

\*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater 21° N°: 90 Artículos. Valor no establecido como requisito microbiológico. UFC/ml: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de Agua. G.O. 36.395 Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable.

**4.- OBSERVACIONES**  
 1.- La Muestra de agua analizada cumple con los valores microbiológicos establecidos en la G.O. 36.395; Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable.

Analizado por: *Anghymariet Torrellas*  
 Leda. Anghymariet Torrellas  
 Analista Microbiología

Autorizado por: *Luis Medina*  
 Dr. Luis Medina  
 Director

... Este documento no puede ser reproducido sin previa autorización.  
 Este documento refleja la realidad de los parámetros evaluados en la hora, lugar y fecha del muestreo.  
 Registro de Laboratorios Ambientales MPPA N° 02-037, Registro de INSAJUD N° 227.

**Figura 20.** Resultados de los análisis de laboratorio de la Muestra 3.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

**Tabla 6.** Comparación de resultados luego de aplicar el método SODIS

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	400	648	Ausente
Coliformes Totales	UFC/100 ml	80	Ausente	Ausente
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	30	Ausente	Ausente

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Realizando una comparación entre la Muestra 1, la Muestra 2 y la Muestra 3 (ver tabla 6), se puede observar que los Coliformes Totales, los Coliformes Fecales y lo Aerobios mesófilos, se encuentran totalmente ausentes luego de haber aplicado el método SODIS, en una muestra de agua durante cuarenta y ocho (48) horas continuas.

#### **4.3 FASE III. Diseñar la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo.**

##### **Introducción**

El Método de Desinfección Solar (SODIS) es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible utilizado para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico en lugares en los que la población consume agua cruda y microbiológicamente contaminada. El método SODIS usa la energía solar para destruir los microorganismos patógenos que causan enfermedades transmitidas por el agua y de esa manera mejora la calidad del agua.

En el mismo orden de ideas, SODIS es ideal para desinfectar agua con baja turbidez a nivel del hogar. El agua contaminada se coloca en botellas de plástico transparente, debidamente cerradas con tapa, las cuales se exponen a la luz solar durante nueve horas continuas. La exposición al sol destruye los patógenos que contiene el agua.

#### **4.3.1 Objetivos de la Propuesta**

1. Informar a la comunidad sobre el grado de contaminación del agua y del método de desinfección SODIS, a través de las redes sociales.
2. Efectuar talleres para una buena implementación del método en la comunidad, capacitando a los representantes de la Mesa Técnica del Agua para que lo hagan extensivo a la comunidad.
3. Seleccionar a las personas capacitadas para la difusión del método SODIS, de la Urbanización Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo.
4. Elaborar un plan de acción para implementar el sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad carialinda, municipio naguanagua, estado Carabobo.

#### **4.3.2 La Propuesta**

Para informar a la comunidad sobre la contaminación del agua se le entregó a los miembros de la Mesa Técnica del Agua, un folleto con la información necesaria para la aplicación del método SODIS, la información es de fácil interpretación, además de ello, se les hizo entrega de los resultados de las tres (03) muestras de agua analizadas, para que la difusión de la información sea a través de las redes sociales de la comunidad; resaltando que la difusión no se realizará de forma presencial, debido a la pandemia que atraviesa el mundo actualmente de COVID-19. Ellos a su vez lo harán extensivo a la comunidad.

La idea de la desinfección solar del agua (SODIS) fue presentada por primera vez a través de las redes sociales de la comunidad de carialinda, grupos de Whatsapp de vecinos y Telegram, informando a la comunidad del grado de contaminación del agua, a través de la presentación de los resultados de las pruebas realizadas en el agua captada en la vivienda y en el tanque de distribución de agua que forma parte de la comunidad de Carialinda.

Por medio de las redes sociales antes descritas se enviaron folletos, explicando en que consiste el método SODIS y los pasos a seguir para su efectiva aplicación. Los pasos a seguir para su correcta aplicación son:

En el Folleto 1, se describen los siguientes pasos: lavar bien las manos con agua y jabón, enjuagar bien la botella de PET y colocar material filtrante para disminuir los niveles de turbidez del agua (ver figura 21). En el Folleto número 2, los siguientes pasos son: llenar la botella de PET directamente con agua del grifo, agitar la botella durante 20 segundos, llenar completamente la botella y cerrar la botella con tapa (ver figura 22). En el Folleto número 3, se describió el paso número 8 que corresponde a colocar las botellas en una superficie libre y exponerla al sol, durante un periodo de tiempo de mínimo 9 horas para que el agua esté lista para su consumo (ver figura 23).



**Figura 21.** Folleto Número 1 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 22.** Folleto Número 2 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



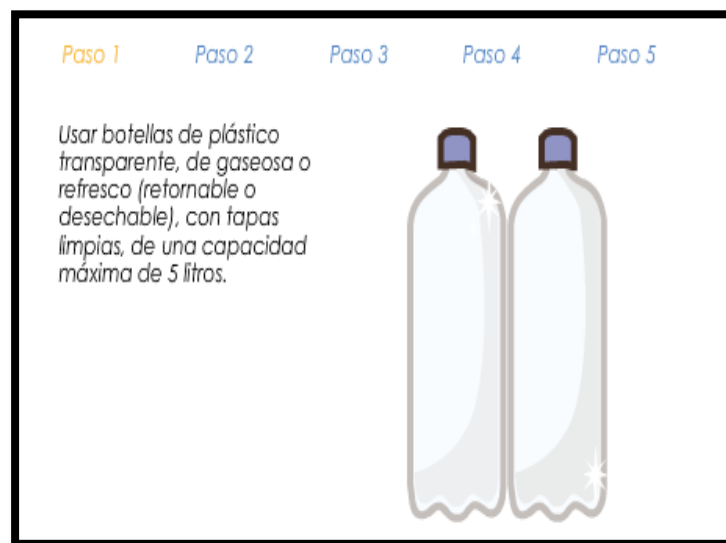
**Figura 23.** Folleto Número 3 de pasos a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

En relación a los Talleres a efectuar, a fin poder implementar de forma adecuada el método, se ha venido capacitando y entrenando a los representantes de la Mesa

Técnica Del Agua para que lo hagan extensivo a la comunidad, facilitando el cambio de comportamiento en las familias. El contenido del material de los talleres de capacitación es de fácil interpretación, el mismo contiene una breve explicación de en qué consiste el método SODIS, los pasos para la aplicación del método y recomendaciones.

El material didáctico utilizado, es el propuesto por la Fundación SODIS, a saber: primero se realiza la elección de la botella de plástico transparente, la misma debe tener una capacidad máxima de 5 litros y poseer tapas retornables (ver figura 24). Las botellas de plástico a utilizar deben estar limpias, no tener ralladuras, ni estar opacas, para así permitir el máximo paso de los rayos ultravioleta dentro de la misma.

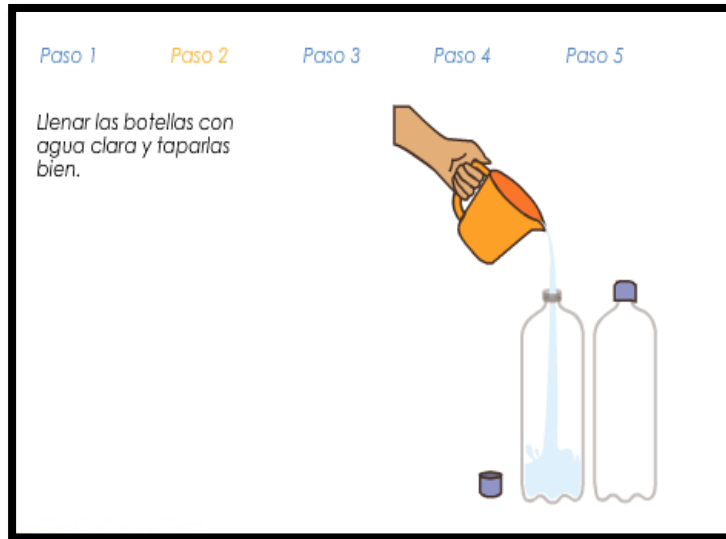


**Figura 24.** Primer paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.

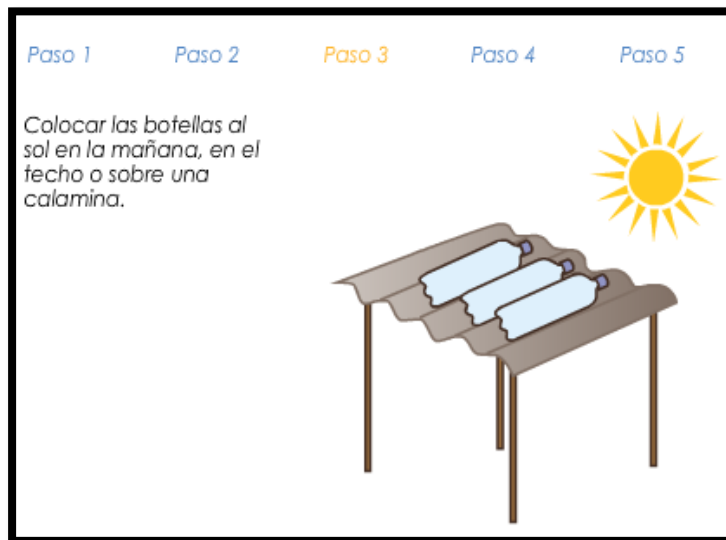
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Segundo, llenar las botellas con agua hasta la mitad de la botella y agitar durante 20 segundos. Luego llenar completamente la botella con agua y tapar (ver figura 25). Tercero, colocar las botellas horizontalmente al sol en la mañana durante un tiempo mínimo de 7 horas continuas (ver figura 26). Se recomienda que el tiempo de exposición solar sea mínimo de 7 horas cuando es un día soleado, si el día es nublado, el tiempo de exposición mínimo es de 8 horas. Cuarto, recoger las botellas una vez

aplicado el método (ver figura 27). Quinto, dejar enfriar el agua y consumir (ver figura 28). Se recomienda que el agua sea consumida inmediatamente después de abrir.



**Figura 25.** Segundo paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 26.** Tercer paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 27.** Cuarto paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)



**Figura 28.** Quinto paso a seguir para la correcta aplicación del método SODIS.  
**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Además, los miembros de la Mesa Técnica del agua y el Consejo Comunal de la urbanización Carialinda, realizarán talleres con la comunidad, cuyo objetivo es promover la divulgación de la información, la participación, el fortalecimiento y la

coordinación de los esfuerzos organizativos. De estos talleres saldrán los promotores voluntarios, que son las personas que forman parte de la comunidad Carialinda, que fueron capacitadas con el método SODIS.

La finalidad de designar los promotores voluntarios es que cada persona comparta el conocimiento adquirido con otra persona, bajo el enfoque de capacitación. La capacitación de los promotores voluntarios será por medio de reuniones con el Consejo Comunal de Carialinda. Se propuso un plan de acción para hacerlo extensivo a la comunidad, donde se detallan los objetivos específicos (ver Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Plan de Acción

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Recursos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Responsables</b>
Capacitar a la comunidad en relación a las principales enfermedades de origen hídrico	Mesas de trabajo.	Propios y gestionados por el consejo Comunal y/o alcaldías: Afiches, Carteleras, folletos.	A convenir.	Un vecino por cuadra. Consejo Comunal.
Capacitar a las familias en el conocimiento de los principales hábitos de Higiene y salud.	Mesas de trabajo.	Propios y gestionados por el consejo Comunal	A convenir.	Un vecino por cuadra. Consejo Comunal.
Realizar mesas de trabajo para intercambio de conocimientos.	Mesas de trabajo.	Propios y gestionados por el Consejo Comunal y/o alcaldías. Manual Operativo SODIS.	A convenir.	Un vecino por cuadra. Consejo Comunal.

**Fuente:** Maralys Márquez (2021)

Consecuentemente, se inician las acciones de réplica en la comunidad de Carialinda. Los operadores transmiten el conocimiento sobre el método SODIS,

verificando la correcta aplicación del mismo y corrigen los posibles errores cometidos por los usuarios mediante visitas regulares de motivación a las familias.

## CONCLUSIONES

En cuanto al diagnóstico de la calidad del agua que actualmente se distribuye en la comunidad “Urb. Carialinda, municipio Naguanagua, estado Carabobo, se puede decir que luego de la recolección y análisis microbiológico de la primera muestra de agua, la misma arrojó resultados mostrando una presencia elevada de coliformes fecales y aerobios mesófilos, sin tomar en cuenta parámetros físicos-químicos. Por ello, no es apta para el consumo humano.

Luego de ensayar la metodología en la muestra de agua en el sistema SODIS, en los resultados de los análisis microbiológicos de la muestra dos (02), se puede notar que los microorganismos del grupo Coli son más susceptibles a la aplicación del método SODIS, ya que, en esta se removieron totalmente en comparación con los aerobios mesófilos. Por otro lado, se puede observar en la muestra tres (03), que los Coliformes y los aerobios mesófilos fueron totalmente removidos, aumentando las horas de exposición solar.

Por lo antes expuesto, basado en resultados obtenidos en las diferentes muestras y bajo las condiciones anteriormente indicadas, se concluye que el uso del método SODIS, beneficiará las condiciones sanitarias de las comunidades que no pueden acceder a agua potable, por lo que se diseñó la propuesta para la implementación de un sistema de desinfección de agua para consumo humano “SODIS”, en la comunidad “Urb. Carialinda” municipio Naguanagua, estado Carabobo, ya que este método es utilizado a nivel mundial por su eficiencia en la remoción de patógenos, así como por considerarse como un método sustentable, tanto ambiental como económico.

## RECOMENDACIONES

- Realizar campañas publicitarias con apoyo de las entidades municipales, del método de desinfección solar del agua SODIS, para permitir el conocimiento del método.
- Se recomienda aplicar el método SODIS en época de verano con una exposición mínima solar de 9 horas, mientras que en época de invierno la exposición solar deberá ser mayor a las 9 horas continuas, dependiendo de la intensidad de los rayos UV, es decir de qué tan soleado esté el día.
- En casos de días lluviosos, si el tiempo de exposición es menor a las 9 horas, Se recomienda calentar el agua por arriba de los 71.7°C durante 15 segundos para eliminar la posible presencia de aerobios mesófilos.
- Colocar las botellas en una posición lo más horizontal posible, de manera que la profundidad del agua a tratar en las botellas no exceda los 10 cm.
- Almacenar el agua tratada en la misma botella donde se le aplicó el método, para evitar casos de recontaminación.
- Cambiar las botellas de PET una vez que estén desgastadas.
- Colocar un bypass, para que cuando, eventualmente, haya suministro de agua por parte de Hidrocentro a la Urb. Carialinda, el agua no se mezcle con el agua de la Quebrada Agualinda y al mismo tiempo permita tener acceso a ese suministro en caso de emergencia.
- Realizar la desinfección de los tanques en cada una de las viviendas al menos 1 vez cada 6 meses a fin de minimizar la cantidad de microorganismos presentes en el agua almacenada y maximizar la eficiencia del método.
- Exponer las botellas de PET a la luz solar no más de cuarenta y ocho (48) horas continuas, para evitar el desgaste (liberación de antimonio).
- Realizar análisis físico-químico y organoléptico en las muestras de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACF International. **Agua: saneamiento e higiene para las poblaciones en riesgo agua**, Hermann.
- Acosta. (2008). **Enfermedades transmitidas por el agua, saneamiento básico, abastecimiento de agua, alcantarillado, creación de capacidad**. Revista de salud pública. Colombia.
- Arboleda, V. (1976). **Manual de desinfección del agua**. Bogotá: ACODAL.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación**. Caracas: Episteme.
- Azevedo, J. M. (1978). **Desinfecção de águas**. São Paulo: CETESB.
- Bermudes. (2015). **Desinfección solar para abastecimiento de agua para consumo humano a nivel domiciliario en el sector La Pereira, parroquia La Avanzada, Cantón Santa Rosa, provincia Del Oro**. Tesis. Universidad Técnica De Machala. Machala.
- Cacho, L, L. Mendoza. (2014). **Construcción y diseño de un concentrador solar con materiales de bajo costo, para desinfección de agua para su aplicación en comunidades marginadas**. Tesis. Centro de investigación de materiales avanzados CIMAV. Perú.
- Castro, R. y F. Reiff. (2002). **Water quality in Latin America: Balancing the microbial and chemical risk in drinking water disinfection**. Buenos Aires.
- Centers for Disease Control and Prevention. **CDC: 24/7, saving lives, protecting people, solar disinfection**. Estados Unidos.
- Christman, K. (1998). **Calidad de agua, Desinfección efectiva**. OPS. CEPIS.
- Degremont, J. (1979). **Manual Técnico del Agua**. Cuarta edición. España: ISBN.
- Dewalt, M, Dewalt, B. (2002). **Participant observation: a guide for fieldworkers**. Walnut Creek: Altamira Press.
- Expósito, J, L. Hernández, J. Farfan.2014. **Propuesta de diseño de una planta piloto potabilizadora de tipo convencional, con coagulantes orgánicos**

- accionada por gravedad, para pequeñas comunidades.** Tesis. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas.
- Fundación Sodis América Latina.** (2003). Disponible en <http://www.fundacionsodis.org>.
- Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela N°5.833 de fecha 22 de diciembre de 2006. **Ley Orgánica de Ambiente.** Caracas.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 36.395 de fecha 13 de febrero de 1998. **Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable.** Caracas.
- Gaceta Oficial Extraordinaria N° 36.860 de fecha 30 de diciembre de 1999. **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.** Caracas.
- Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N°38.595 del 2 de enero de 2007. **Ley de Aguas.** Caracas.
- Garrido, I, R. Fernández, S. Vincenzo. 2013. **Evaluación del método “Sodis” en la desinfección del agua para abastecimiento en la Guadalupe, Chirgua, municipio Bejuma del estado Carabobo.** Tesis publicada en la revista: Ingeniería UC. Universidad de Carabobo. Valencia.
- Góngora, J. (1983). **Sistemas de desinfección por medios hidráulicos para agua potable rural.** Trabajo presentado en la Publicación CEPIS “Investigación sobre Desinfección de agua en abastecimientos rurales”. Colombia.
- Hernandez, C, C. Fernandez, P. Baptista. (2014). **Metodología de la investigación.** México: Mc Graw Hill.
- Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales.** (2006). Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Valencia.
- Martínez R. (2012). **Las redes de infraestructura hidráulica y su incidencia en el desarrollo urbano.** Tesis. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

- Meierhofer, R. **Solar water disinfection a water treatment process used at household level.** Suiza.
- Muñoz, D. A., & Bolaños, L. L. (2015). **El checklist como herramienta para el desarrollo de la seguridad al paciente quirúrgico.** Cuba.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud), OMS (Organización Mundial de la salud). (1996). **Guía para la desinfección del agua.** Publicación científica N° 525. Washington, DC. Disponible en <http://www.elaguapotable.com/aguadesi.pdf>.
- Ormaza. (2011). **Desinfección solar en el agua del rio Tomebamba de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.** Monografía. Universidad de Cuenca. Cuenca.
- Pérez, C, G. Ramos. (2018). **Tecnología ambiental.** Tesis. Universidad nacional de Huancavelica. Perú.
- Restrepo, T. (2004). **Tendencias mundiales en la gestión de recursos hídricos: desafíos para la ingeniería del agua.** Trabajo de ascenso. Universidad Del Valle. Colombia.
- Richter, C. (1984). **Desinfección: Evaluación de Plantas de Tratamiento de Agua. Manual.** Lima: CEPIS.
- Rojas, R., Guevara, S. (1999). **Celdas electrolíticas para producción in situ de Hipoclorito de Sodio.** Publicación. CEPIS/GTZ.
- Sabino, C. (1995). **El proceso de investigación.** Caracas: Panapo.
- Saldaña C. (2011). **Desinfección solar en el agua del rio Tomebamba.** Tesis. Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Talancón. (2006). **Contribuciones a la Economía.** Colombia.
- Tamayo. (2007). **Metodología formal de la investigación científica.** Segunda edición. México: Limusa.
- Villatoro. (2008). **Proceso utilizado para la elaboración del trabajo de graduación y su clasificación por área temática de aplicación.** Universidad De San Carlos de Guatemala. Guatemala.

World Health Organization. (2011). **Guías para la calidad del agua de consumo humano**. Ginebra.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### Folleto del Método de Desinfección Solar (SODIS).

**1** LAVE BIEN SUS MANOS CON AGUA Y JABÓN

**2** ENJUAGUE BIEN LA BOTELLA DE PLÁSTICO QUE ESTE EN BUEN ESTADO

**3** COLOQUE MATERIAL FILTRANTE ANTES DE LLENAR CON AGUA

**4** LLENE LA MITAD DE LA BOTELLA DIRECTAMENTE DEL CIELO

**5** AGITE LA BOTELLA DURANTE 20 SEGUNDOS

**6** LLENE COMPLETAMENTE LA BOTELLA

**7** CIERRE CON TAPA LA BOTELLA

**8** COLOQUE LAS BOTELLAS EN UNA SUPERFICIE LIBRE

**9** EXPONGA LAS BOTELLAS AL SOL POR LO MENOS 6 HORAS

**10** EL AGUA ESTÁ LISTA PARA SU CONSUMO DESPUÉS DE ENFERMAR

**METODO DE DESINFECCIÓN DEL AGUA SODIS**

Es muy importante una vez que se haya seleccionado la botella PET (capacidad máxima de 2 Litros), lavarse muy bien las manos con agua y jabón. La botella no debe tener ralladuras, estar desgastada u opaca, para permitir el paso de los rayos UV. Antes de llenar el empaque, se debe colocar material filtrante (zasa) para que los residuos del agua queden contenidos en la misma.

El proceso se realiza de esta manera, debido que el método SODIS es más eficiente en agua con alto nivel de oxígeno. La luz solar produce formas reactivas de oxígeno; estas moléculas reaccionan con las estructuras celulares y matan los patógenos del agua.

Las botellas deben colocarse horizontalmente para que la lamina de agua no sobrepase los 20 centímetros de profundidad y sea eficaz la penetración de los rayos ultravioleta. La exposición solar puede variar dependiendo del clima, en días soleados se recomienda una exposición solar de al menos 7 horas continuas, en días nublados de 8 o más horas. Se recomienda consumir el agua inmediatamente después de aplicar el método SODIS.

Fuente: Maralys Márquez (2021)