

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



"APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DESINFECCIÓN SOLAR (SODIS) DEL AGUA
UTILIZADA A NIVEL DOMÉSTICO EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO,
CHALATENANGO "

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:
JUAN CARLOS ANDINO MARTÍNEZ
CLAUDIA VERÓNICA LORENZANA GUANDIQUE

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA

SEPTIEMBRE DE 2004
SAN SALVADOR, ELSALVADOR, CENTRO AMERICA



©2004, DERECHOS RESERVADOS
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador
<http://virtual.ues.edu.sv/>
SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rectora

Dra. María Isabel Rodríguez

Secretaria General

Lic. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Decano

Lic. Salvador Castillo Arévalo

Secretaria

MSc. Miriam del Carmen Ramos de Aguilar

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Coordinadora General

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

Asesor de Área de Gestión Ambiental y Calidad Ambiental

Lic. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Asesor de Área de Análisis de alimentos : Físico Químico

Ing. Rina Lavinia Hldalgo de Medrano

Docente Directora

Lic. Norma Esthela Molina

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por la belleza de la vida. Por todas las bendiciones que me ha dado, por ser mi guía y fortaleza en todo momento.

A MI MADRE

Quiero agradecerte de la manera más especial todo el amor, cariño, educación y ejemplo de mujer luchadora que me has dado. Gracias mamá.

A MI HERMANO EDUARDO

Por compartir conmigo este nuevo triunfo, que Dios te llene de muchas bendiciones.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

Por todo el apoyo y amistad, por ser parte de mi vida y recuerdos más felices, los llevo siempre en mi corazón.

A MIRIAN DE ANDINO Y JOSÉ ANDINO

Les agradezco de manera especial todo el apoyo, cariño y consejos que siempre me han brindado. Han sido una gran bendición en mi vida. Gracias por todo.

A JUAN

Gracias por tu amor y amistad. Que Dios te bendiga siempre y te ayude a alcanzar tus sueños.

A LIC. KAREN RAMÍREZ COSME DE DURAN

Gracias por el gran apoyo en nuestro trabajo de graduación, muchas bendiciones.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Por su formación profesional a través de todos sus docentes

Atte. CLAUDIA LORENZANA.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Rey de todos los cielos por haberme permitido llegar a ésta etapa de mi vida.

A MIS PADRES

Por haberme dado la oportunidad de estudiar y su apoyo incondicional en todo momento.

A MI HERMANO Y HERMANAS

Por darme su apoyo y haber compartido mi formación profesional desde kinder hasta ahora.

A CLAUDIA LORENZANA

Por su ayuda incondicional en los momentos difíciles y haber compartido el desarrollo de éste trabajo de graduación. .

A Dr. FRANK ESCHER

Por su apoyo e interés en el desarrollo de nuestro trabajo de graduación.

A LAS PERSONAS DE CERRO PARTIDO

Por su gran hospitalidad y haber sido tan amables de haber permitido desarrollar nuestro trabajo de graduación en su comunidad.

A PRO-VIDA

Por su apoyo para la realización de nuestro trabajo de graduación.

A LICDA. NORMA ESTHELA MOLINA

Por su dedicación y asesorar el desarrollo de nuestro trabajo de graduación.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Pos su formación profesional a través de sus docentes y compañeros de carrera.

Atte. JUAN CARLOS ANDINO.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

ADESCO: Asociación de Desarrollo Comunal.

ADESMUP: Asociación para el Desarrollo Municipal.

ANDA: Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

CEL: Comisión Hidroeléctrica del Río Lempa.

CESTA: Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiada.

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

EAWAG: Instituto Federal Suizo para la Ciencia y Tecnología Ambiental.

INRESA: Sistemas Integrales de Energía Rural.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

mBar: mili Bar.

µm: micro metro.

MF: Membrana Filtrante.

mg/L: miligramos por litro.

MINED: Ministerio de Educación.

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

NMP: Número Más Probable.

OD: Oxígeno Disuelto.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONG´S: Organizaciones No Gubernamentales.

ppm: partes por millón.

PRO-VIDA: Asociación Salvadoreña de Ayuda Humanitaria.

SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

SODIS: Desinfección Solar.

UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

UV: Ultra Violeta.

W/m: Watts por minuto.

ÍNDICE

I INTRODUCCIÓN	xiii
II OBJETIVOS	15
2.1. Objetivo General	15
2.2. Objetivos Específicos	15
III MARCO TEÓRICO	16
3.1. ¿Qué es SODIS?	16
3.2. Generalidades del agua	17
3.2.1. Aspectos microbiológicos del agua	22
3.2.2. La calidad bacteriológica del agua	23
3.2.3. Bacterias transmitidas por el agua	24
3.3. Fundamentos para el uso de microorganismos indicadores	25
3.3.1. Organismos indicativos de contaminación fecal	26
3.4. El agua en EL SALVADOR	27
3.4.1. Los recursos hídricos	27
3.4.2. Aguas superficiales	28
3.4.3. Lagos, lagunas, embalses	28
3.4.4. Aguas subterráneas	29
3.4.5. Escasez y exceso de agua	29
3.4.6. Producción y consumo	30
3.4.7. La contaminación de los recursos hídricos	30
3.4.8. Fuentes de contaminación	31
3.4.9. Saneamiento	32

3.4.10. Aspecto legal e institucional	32
3.5. Crisis de agua en EL SALVADOR	33
3.6. Energía solar: Regiones para la aplicación	34
3.7. El método SODIS	36
3.7.1. Cómo se desarrolló la idea SODIS-Esbozo histórico	36
3.7.2. El potencial de la desinfección solar del agua	38
3.7.3. El método de Desinfección Solar (SODIS) del agua	39
3.7.4. Requerimientos:	
sol, agua y botellas de plástico transparentes	39
3.7.5. Ventajas del método de Desinfección Solar (SODIS)	
del agua	40
3.7.6. Limitaciones del método de Desinfección Solar (SODIS)	
del agua	41
3.8. Parámetros de calidad del agua	42
3.8.1. Parámetros físicos	42
3.8.1.1. Turbiedad	42
3.8.1.2. Temperatura	43
3.8.2. Parámetros químicos	43
3.8.2.1. Oxígeno disuelto	43
3.8.2.2. pH	45
3.8.3. Parámetro microbiológico	45
3.8.3.1. <i>Escherichia coli</i>	45
IV DISEÑO METODOLÓGICO	47
4.1. Investigación bibliográfica	47

4.2. Tipo de estudio	47
4.3. Área de estudio	47
4.4. Determinación de universo y muestra	47
4.4.1. Universo	47
4.4.2. Método de selección de la muestra	47
4.4.3. Tamaño de muestra	47
4.5. Análisis del agua de pozos previo a la aplicación del método SODIS	48
4.5.1. Toma de muestra	48
4.5.1.1. Toma de muestra para parámetro bacteriológico	48
4.5.1.2. Toma de muestra para parámetros fisico-químico	49
4.5.2. Análisis preliminar de la muestra	50
4.5.2.1. Análisis bacteriológico	50
4.5.2.2. Análisis físico y químico	53
4.5.3. Aplicación del método SODIS al agua de los 15 pozos muestreados	58
4.6. Análisis bacteriológico del agua tratada con SODIS	60
4.6.1. Toma de muestra	60
4.6.2. Análisis bacteriológico del agua	60
4.7. Análisis físico y químico del agua tratada con SODIS	60
4.8. Capacitación sobre el método SODIS a los representantes de familias	61
4.9. Aplicación del método SODIS por parte de las familias	64
4.10. Seguimiento y monitoreo de la aplicación del método SODIS para corregir posibles errores de los nuevos usuarios	67

4.11 Cálculos para determinar el porcentaje de familias que utilizan el Método SODIS en el caserío Cerro Partido	67
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
5.1. Resultados del Análisis Bacteriológico para las muestras de agua de pozo	70
5.2 Discusión de resultados del parámetro Bacteriológico <i>Escherichia coli</i> en agua de pozo	71
5.3 Resultados del Análisis Bacteriológico para las muestras de agua SODIS	74
5.4 Discusión de resultados del parámetro Bacteriológico <i>Escherichia coli</i> en agua SODIS	75
5.4 Resultados del Análisis Físico-Químico para las muestras de agua de pozo	79
5.5 Discusión de resultados de los parámetros Físico-Químico para las muestras de agua de pozo.	80
5.6 Resultados del Análisis Físico-Químico para las muestras de agua SODIS	90
5.7 Discusión de resultados de los parámetros Físico-Químico para las muestras de agua SODIS	91
5.8 Resultado de las Capacitaciones	101
5.9 Discusión de resultados de las Capacitaciones	101
5.10 Resultado de las visitas a familias del caserío Cerro Partido	105
5.11 Discusión de resultados de visitas a familias del caserío Cerro Partido	105

5.12 Resultado de cálculo de porcentaje de familias que utilizan el Método SODIS en el caserío Cerro Partido	106
5.13 Análisis de resultado de porcentaje de familias que utilizan el Método SODIS en el caserío Cerro Partido	108
VI CONCLUSIONES	113
VII RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Tener agua en cantidad suficiente y de calidad adecuada es un factor esencial para la vida. Sin embargo, al inicio del segundo milenio, 1.1 mil millones de personas, es decir, 1 de cada 6 habitantes del planeta no tiene acceso a agua segura (UNICEF 2000).

La presente investigación surgió como consecuencia de la eminente contaminación de el agua de los pozos del caserío Cerro Partido en el departamento de Chalatenango.

La mala distribución de las letrinas que se encuentran de 3 a 8 mt. cerca de los pozos y en algunos casos la ausencia de éstas, contribuye a la alta presencia fecal en el agua que consumen la mayor parte de los pobladores del caserío Cerro Partido.

Esta investigación tiene como objetivo la aplicación del método de Desinfección Solar (SODIS) en el agua utilizada a nivel doméstico en el caserío Cerro Partido, Chalatenango.

El esfuerzo ha sido orientado a proporcionar una nueva alternativa de desinfección del agua que sea sencilla, que no atente contra el medio ambiente y que asegure la ingesta de agua de buena calidad, evitando así las enfermedades diarréicas.

En la primera parte del trabajo se presenta el marco teórico, donde se abordan las generalidades del agua, aspectos microbiológicos del agua, así como las zonas en donde la aplicación de la energía solar es favorable y los aspectos más importantes del método SODIS.

Posteriormente se desarrolla el diseño metodológico, en éste se indica el tipo de estudio, el universo y muestra, tipo de muestreo así como los métodos con que se

desarrollaron los análisis físico-químico y microbiológico. Se incluye el desarrollo de las capacitaciones , los instrumentos utilizados para su realización, cómo se llevo a cabo la aplicación del método SODIS por parte de las familias del caserío Cerro Partido y que porcentaje de familias se encuentran aplicando el método.

En los resultados se exponen los datos obtenidos en el desarrollo de los objetivos específicos, incluyendo cuadros para una mejor comprensión y análisis.

Para verificar la eficacia del método SODIS se realizó una comparación de la carga de *Escherichia coli* antes y después de la aplicación del método SODIS; dando como resultado una notable reducción de la carga de *Escherichia coli* hasta un 100% en la mayor parte de las muestras.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar el Método de Desinfección Solar (SODIS) en el agua utilizada a nivel doméstico del Caserío Cerro Partido, Chalatenango, El Salvador.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Divulgar los beneficios del Método de Desinfección Solar (SODIS) del Agua, a los miembros de la Junta Directiva del caserío Cerro Partido, Chalatenango.
- 2.2.2 Realizar análisis Bacteriológico (Coliformes Fecales : *Escherichia coli*) y Físico Químico (Turbiedad, Temperatura, Oxígeno Disuelto y pH) del agua de 15 pozos , del agua tratada por SODIS y comparar los resultados con los valores de la Norma Salvadoreña.
- 2.2.3 Seleccionar grupos familiares y capacitarlos en el Método de Desinfección Solar (SODIS) del Agua.
- 2.2.4 Aplicar el Método SODIS por parte de las familias que habitan en el caserío Cerro Partido.
- 2.2.5 Determinar el porcentaje de familias que utilizan el Método SODIS.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 ¿ QUE ES SODIS?

Proviene del inglés "Solar Disinfection". La Desinfección Solar (SODIS) del agua es una solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible para el tratamiento de agua para consumo humano a nivel doméstico, en lugares donde la población consume agua cruda (sin tratamiento previo) 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 utilizada para el consumo humano. Los microorganismos patógenos son vulnerables a dos efectos de la luz solar : la radiación y el calor (incremento de la temperatura del agua). Se produce una sinergia entre estos dos efectos, ya que el efecto combinado de ambos es mucho mayor que la suma de cada uno de ellos independientemente. Esto implica que la mortalidad de los microorganismos se incrementa cuando están expuestos a temperatura elevada y a radiación solar simultáneamente.

SODIS es ideal para desinfectar pequeñas cantidades de agua con una turbiedad menor de 30 UNT, se llenan con agua contaminada botellas de plástico transparente, las cuales se exponen a la luz solar durante seis horas. La exposición al sol destruye los microorganismos patógenos. Cuando la nubosidad es mayor del 50 %, es necesario exponer las botellas de plástico durante dos días consecutivos para obtener agua segura para el consumo humano.

Sin embargo, si la temperatura del agua supera los 50 °C, una hora de exposición es suficiente para obtener agua segura. Es posible mejorar la eficacia del tratamiento si

las botellas de plástico se exponen a la luz solar mediante superficies reflectoras como láminas de aluminio . (15).

3.2 GENERALIDADES DEL AGUA

El agua, desde la más remota antigüedad se ha considerado como uno de los cuatro elementos únicos e indispensables de la composición del universo (agua, fuego, tierra y aire), teoría que se mantuvo vigente hasta la época medieval. (1)

El agua está presente en todas partes del planeta, en diferentes estados y en movimiento continuo de recirculación que forma un ciclo hidrológico natural, cuyas fuerzas determinantes son: la energía solar y la fuerza de gravedad. El agua presente en la atmósfera se precipita en forma de lluvia, una parte de ella se infiltra en el subsuelo, alimentando las aguas subterráneas. Otra es absorbida por la vegetación o se estanca sobre suelos impermeables; el resto se escurre de la superficie hacia los cauces, corrientes, arroyos, lagos y lagunas, que a su vez son alimentados por las corrientes subterráneas y hacia el mar. El agua es devuelta a la atmósfera mediante la evaporación y la transpiración de las plantas.

Se estima que tres cuartas partes de la tierra están cubiertas por agua, de las cuales más de dos terceras partes la conforman los mares y océanos. (6)

El agua es el medio ambiente líquido universal para la materia viva, siendo uno de los más escasos recursos con que cuenta el hombre, la vida misma depende de este vital líquido. El agua, es un líquido claro, incoloro, que está presente en todos los tejidos orgánicos y es esencial para la vida; el ser humano necesita consumir diariamente un promedio de ocho vasos de agua (1 ½ litros) y si el desgaste de

líquido es grande, el requerimiento se puede triplicar. De hecho el agua total del organismo representa del 45 al 60% del peso corporal. (6,7)

De los recursos hídricos totales del planeta el 77% se encuentra en estructuras sólidas (capas de hielo y glaciales), otro 22% se encuentra subterránea, y únicamente el 1% restante lo comprenden lagos, ríos y arroyos, el cual está al alcance del hombre. (7)

Una porción sustancial de las aguas subterráneas se encuentra a más de 800 metros de profundidad por lo que el hombre no está en condiciones de aprovecharla. (10)

Las aguas superficiales están representadas por ríos, lagos y embalses de regulación anual. Ésta agua es la que más fácilmente se contamina; debido a su mayor exposición a las fuentes habituales de contaminación.

En cuanto a las aguas subterráneas o profundas accesibles al hombre éstas pueden ser de dos tipos:

- Manto Freático
- Manto Cautivo

El manto freático es el que se ubica en depósitos permeables superficiales, alimentándose directamente a través de toda la superficie del terreno.

El manto cautivo se establece entre dos capas impermeables alimentándose sólo en una zona del terreno que puede situarse a bastante distancia. Suele tener presión hidrostática pudiendo realizarse en ellos pozos artesanos en los que el agua sube hasta el nivel hidrostático.

Las aguas freáticas se utilizan extensamente en algunas partes del mundo, a veces con explotación excesiva de algunos mantos acuíferos, lo cual transforma el equilibrio, produciéndose un descenso del nivel hidrostático, disminución en la

presión de los mantos acuíferos y cambios en la velocidad y dirección de la corriente de agua. Entre los efectos de esta sobreexplotación podemos citar el hundimiento de tierras, la desertización y sobre todo en las zonas costeras la salinización de los mantos acuíferos. (6)

Los recursos hídricos son extraordinariamente importantes y hemos de tener en cuenta que cuando de aguas subterráneas se trata, la contaminación produce daños irreparables, lo que induce a la previsión aplicable a los recursos hídricos como la única opción posible. (10)

Las aguas subterráneas sufren una filtración que será mejor o peor según la calidad del terreno que atraviesan y según el grosor de la capa filtrante, el agua será más pura cuando atraviesa las capas gruesas de tierra fina arenosa que cuando se filtra a través de terrenos, quebrados o agrietados.

De forma general, se puede clasificar el agua en dos grandes grupos:

AGUA DE CONSUMO: De distribución pública (grifo)

De captación individual (fuente, pozo)

Envasadas

AGUA NO DESTINADA

AL CONSUMO : Para preparación de hielo para uso industrial

Para lavado de material

Para agricultura

El agua de distribución pública corresponde a lo que es el agua potable. Procede de la captación de aguas superficiales, de vetas de aguas subterráneas. Antes de su distribución son sometidas a tratamientos depuradores: filtración, decantación y floculación.

El agua de captación individual procede de fuentes o yacimientos subterráneos (pozos) y se suele utilizar en zonas rurales para abastecer casas de campo o industrias que no reciben agua de distribución pública. Debe ser tratada para su utilización.

Además de utilizarse para el consumo público, el agua es un elemento esencial en la industria alimenticia y se utiliza con distintos fines:

- Lavado y tratamiento de alimentos
- Lavado de material
- Esterilización de productos y materiales
- Para enfriamiento de conservas y otros alimentos
- Agua utilizada en agricultura (agua dulce)

En todos los casos, las industrias que utilizan esta agua tienen la responsabilidad de que posean una calidad bacteriológica satisfactoria.

Tanto el agua destinada a la alimentación, agua de bebida, como la utilizada en la industria alimenticia, debe presentar una gran pureza microbiológica, que depende mucho de su procedencia. Las aguas subterráneas (fuentes, pozos) si proceden de capas profundas, están mejor protegidas que las aguas superficiales (ríos, lagos). La contaminación es más difícil y la filtración de las capas sedimentarias limita el número de microorganismos.

De forma amplia podemos considerar que el agua es imprescindible para el hombre desde dos aspectos importantes:

- 1- Necesidades ambientales: el hombre es un elemento integrante de su ecosistema, y la producción de alimentos, recursos agrícolas y condiciones ambientales, van a estar en gran medida regulados por el agua disponible.

2- Necesidades directas del hombre que se pueden desglosar en:

- a) Necesidades biológicas: coinciden con la ingesta de agua y además de reponer las pérdidas orgánicas constituye una forma de satisfacer las necesidades iónicas.
- b) Necesidades domésticas: con fines higiénicos, aseo de la vivienda, vestido, etc.
- c) Necesidades municipales o urbanas: limpieza de la ciudad, parques, jardines, etc.
- d) Necesidades industriales: en diferentes instituciones con fines de producción.

En la calidad del agua juega un papel importante el análisis físico-químico, que los comprenden los siguientes parámetros:

a) FÍSICOS

Se refiere al aspecto estético como: turbiedad, color, olor, temperatura, sabor, reacción, conductibilidad eléctrica.

b) QUÍMICO

En relación a las condiciones químicas se pide que el contenido de sustancias esté entre los límites establecidos; señalados a continuación:

- pH 6.5 a 8.5
- Sólidos totales 300-600 mg/L.
- Conductividad eléctrica 500 a 1600 umho/ cm. 25 °C
- Dureza total/Carbonato de Calcio 100-400 mg/L.
- Cloruros: 25-250 mg/L.



c) MICROBIOLÓGICO

- Coliformes totales valor máximo admisible <1.1 NMP/100 mL de agua, 0 UFC/100mL de agua. Según Norma Salvadoreña. (8)

El usuario de los sistemas de abastecimiento de agua exige que el agua que va a consumir sea de la mejor calidad. Esto obliga a que el estudio de la calidad del agua debe implementarse como la alternativa más importante para garantizar que el agua consumida reúna las condiciones antes mencionadas.

3.2.1 ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA

El agua debe encontrarse libre de microorganismos patógenos (virus, bacterias, parásitos); pero habitualmente aún el agua tratada contiene una gran cantidad de microbios saprófitos.

La flora del agua es muy variada encontrándose:

- Gérmenes habituales del agua
- Gérmenes de origen telúrico
- Gérmenes de origen humano o animal

Los gérmenes típicamente acuáticos principalmente son algas microscópicas y bacterias pertenecientes a los géneros: **Vibrio**, **Pseudomonas**, **Corynebacterium** y otros de menor interés.

Los gérmenes de origen Telúrico encontrados en el agua habitualmente son: bacterias esporuladas (**Bacillus**, **Clostridium**), otras pertenecientes al género **Streptomyces** y a veces esporas fúngicas.

Los gérmenes de origen humano o animal son con frecuencia patógenos y esencialmente enterobacterias de origen intestinal, entre ellas: **Escherichia coli**,

Coliformes fecales, Salmonella, Shigella, Streptococcus faecalis, Clostridium perfringes, Vibrio cholerae, etc.

Los miembros de la familia ***Enterobacteriaceae***, son gérmenes de forma bacilar, gram negativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, móviles e inmóviles que fermentan la glucosa, reducen nitratos a nitritos, son citocromo-oxidasa negativas y crecen en medios que tienen sales biliares. De los integrantes de esta familia, unos fermentan la lactosa (lactosa positiva) y otros no la fermentan (lactosa negativa).

El grupo coliforme que pertenece a la familia ***Enterobacteriaceae***, se caracteriza por su capacidad de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente en un período de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37 °C. Del grupo coliforme forman parte varios géneros:

- ***Escherichia***
- ***Enterobacter***
- ***Klebsiella***
- ***Citrobacter*** ⁽¹⁾

3.2.2 LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA

El peligro más común y más difundido relativo al agua potable es el de su contaminación que puede ser: directa o indirecta, debido al efecto de agua servida, otros desechos como las excretas del hombre o de los animales. Si dicha contaminación es reciente y entre los factores que contribuyeron a ella se hayan agentes portadores de enfermedades entéricas transmisibles, es posible que estén presentes algunos de los organismos vivos causales de las mismas. Beber agua así

contaminada, o emplearla en la preparación de determinados alimentos, puede producir mayor número de casos de infección. (21,22)

3.2.3 BACTERIAS PATÓGENAS TRANSMITIDAS POR EL AGUA.

La contaminación fecal del agua potable puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales-bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades y portadores de tipo microbiano que puedan existir en ese momento en la comunidad. Las bacterias patógenas intestinales se hallan diseminadas a lo largo y ancho del planeta. Aquellas, cuya presencia ha sido detectada en agua potable contaminada incluyen: ***Salmonella***, ***Shigella***, ***Escherichia coli enterotoxigena***, ***Vibrio cholerae***, ***Yarsinia enterocolítica*** y ***Campylobacter fetus***. Estos organismos pueden ser causantes de enfermedades cuyo índice de gravedad va desde una ligera gastroenteritis hasta casos graves y, a veces fatales, de disentería, cólera y tifoidea.

Los modos de transmisión de bacterias patógenas incluyen la ingestión de agua y alimentos contaminados, el contacto con personas o animales infectados y la exposición a aerosoles.

Entre los diversos microorganismos patógenos transmitidos por el agua, existe una amplia gama de niveles de dosis mínima suficiente para causar infección en el ser humano. En el caso de la ***Salmonella tiphy***, la sola ingestión de unos pocos organismos puede causar enfermedad; cuando se trata de ***Shigella flexneri***, se requieren varios cientos de células, en tanto que seran necesarios muchos millones de células cerotípicas de ***Salmonella*** para que se produzca una gastroenteritis. Así también, en el caso de organismos toxigénicos como la ***Escherichia coli***

enteropatógena y el *Vibrio Cholerae*, pueden ser necesarias cantidades tan elevadas como 10⁸ microorganismos para causar enfermedad. La cantidad de la dosis infecciosa también varía para las diferentes personas, según la edad, el estado nutricional y el estado de salud, en general, al momento de la exposición no debe subestimarse la importancia de otras vías de transmisión que no sea la del agua potable, por cuanto el abastecimiento de agua inocua por sí misma no evitará necesariamente las infecciones si al mismo tiempo no se acompañan mejoras en el saneamiento y en los hábitos personales. En éste sentido, es esencial la educación sobre normas simples de higiene aplicada. (21,22)

3.3 FUNDAMENTOS PARA EL USO DE MICROORGANISMOS INDICADORES.

El reconocimiento que las infecciones microbianas pueden ser transmitidas por el agua, ha dado lugar al desarrollo de métodos para efectuar exámenes de rutina que garanticen que el agua destinada al consumo humano se encuentre libre de contaminación por excrementos. Aunque ahora es posible detectar la presencia de múltiples microorganismos patógenos en el agua, los métodos de aislamiento y enumeración suelen ser complejos y demandar demasiado tiempo. Por tanto, no es práctico someter a vigilancia el agua potable para detectar todo posible microbio patógeno que pudiera ocurrir con la contaminación. Una opción más lógica es detectar los organismos que normalmente están presentes en las heces de los seres humanos y de los animales de sangre caliente como indicadores de contaminación con excremento, así como la eficacia de los sistemas de tratamiento del agua y de desinfección.

La presencia de dichos organismos también indica la existencia de materia fecal, o sea que existe la posibilidad de que estén presentes microorganismos patógenos intestinales. A la inversa, la ausencia de organismos asociados fecales indicará, así mismo, que con toda probabilidad no habrá organismos patógenos. La búsqueda de dichos indicadores de contaminación fecal proporciona de esa forma un medio de controlar la calidad. También es importante vigilar la calidad bacteriana del agua natural, no sólo con miras a evaluar el grado de contaminación, sino igualmente para la selección de la mejor fuente de abastecimiento y tratamiento requerido.

Los exámenes bacteriológicos ofrecen la prueba más sensible para detectar la contaminación fecal reciente, y por ende potencialmente más peligrosa; de ese modo, proporcionan una evaluación sanitaria de la calidad del agua, que tiene un grado de sensibilidad y de especificidad que no se logra en los análisis químicos de rutina.

Debe tenerse en cuenta que todo lo que un análisis bacteriológico puede probar es que, en el momento del examen, se puede o no se puede demostrar presencia de contaminación, o de bacterias indicativas de contaminación fecal, en una determinada muestra de agua utilizando determinados métodos de cultivo. (21,22)

3.3.1 ORGANISMOS INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN FECAL.

El uso de organismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de los microorganismos patógenos mismos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua. Los organismos indicadores abundarán en los excrementos, pero estarán ausentes, o existir en números reducidos, en otras fuentes; serán fáciles de aislar, identificar y enumerar y deben ser incapaces de

desarrollarse en el agua. Igualmente deben sobrevivir más tiempo en el agua que los gérmenes patógenos y serán más resistentes a los desinfectantes, como podría ser el cloro. En la práctica, todos estos criterios no pueden darse en un solo organismo, aunque las bacterias coliformes cumplen muchos de ellos, especialmente la ***Escherichia coli***, que es el principal indicador de contaminación por materia fecal de origen humano o animal. La significación que puede adjudicarse a la presencia o ausencia de determinados indicadores fecales varía con cada organismo y especialmente con el grado de relación que dicho organismo guarda con las heces.

Entre los microorganismos que se usan como indicadores bacterianos de contaminación fecal está todo el grupo de bacterias coliformes: la ***Escherichia coli*** y los microorganismos coliformes que han sido descritos como coliformes fecales, streptococos fecales y clostridios reductores de sulfito, en especial el ***Clostridium perfringes***.

Así pues, los bacteriólogos que analizan el agua han ampliado las definiciones de especies y grupos que sirven de indicadores desde un punto de vista práctico más que taxonómico, y que principalmente se basa en su detección y enumeración en el agua, por lo general, haciendo uso de métodos de tubos múltiples o de técnicas de membrana filtrante. (21,22)

3.4 EL AGUA EN EL SALVADOR

3.4.1 LOS RECURSOS HÍDRICOS.

El agua necesaria para abastecimiento poblacional total del país, considerando 6.5 millones de habitantes y una dotación diaria de 250 litros por persona, es de 593

millones de m³ anuales, lo cual representa un 4.8 % de la disponibilidad hídrica potencial (33 % de la lluvia).

Sin embargo, a pesar que El Salvador cuenta con una abundante oferta hídrica a través de la lluvia, el agua es escasa a nivel de disponibilidad, principalmente para fines de abastecimiento y en mayor medida en el área rural.

3.4.2 AGUAS SUPERFICIALES

El país cuenta con unos 360 ríos, cuyas áreas de recogimiento han sido agrupadas en 10 regiones hidrográficas. La cuenca más importante es la del río Lempa con 18,240 Km², perteneciendo a El Salvador 10,255 Km² (56 %) y el resto a Guatemala y Honduras (14 y 30 % respectivamente). Dentro del territorio nacional la cuenca del Lempa representa un 49 % del país. Sus aguas son utilizadas para generación de energía eléctrica (398.6 MW), riego, abrevadero y abastecimiento de agua potable e industrial.

De acuerdo al Plan Maestro de los Recursos Hídricos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1982) , del balance hídrico por regiones hidrográficas, la disponibilidad de agua considerando además las provenientes de Guatemala y Honduras a través de las cuencas transfronterizas de los ríos Lempa, Paz y Goascorán, es de 17,971 millones de m³ anuales.

3.4.3 LAGOS, LAGUNAS, EMBALSES.

Entre los lagos y lagunas principales están: lago de Ilopango (70.4 Km²), laguna de Güija compartida con Guatemala (4.1 Km²), lago Coatepeque (24.8 Km²), laguna de Olomega (24.2 Km²), laguna El Jocotal (15 Km²). Entre los embalses hidroeléctricos están : Cerrón Grande (135 Km²), 5 de Noviembre (17 Km²), 15 de Septiembre (35 Km²) y Guajoyo (32.5 Km²).

3.4.4 AGUAS SUBTERRÁNEAS

La mayoría de los acuíferos en El Salvador están formados de los flujos de lava y piroplásticos de la era Terciaria Media a la Era Reciente, los cuales predominan en el país. Los acuíferos importantes se encuentran en rocas correspondientes a la Formación San Salvador y la Formación Cuscatlán, rocas volcánicas de mayor antigüedad que éstas no ofrecen buenos rendimientos. En general, los mejores acuíferos volcánicos están en las capas volcánicas más jóvenes, tales como las capas más altas de la Formación de San Salvador, son los acuíferos de mayor producción y más accesibles localizados en los acuíferos aluviales no consolidados.

3.4.5 ESCASEZ Y EXCESO DE AGUA

En numerosos lugares del país y con mucha frecuencia se reportan deficiencias temporales o permanentes, en cuanto al servicio de abastecimiento de agua potable, ya sea por no disponer del vital líquido para cumplir con el servicio, o porque también se reportan fugas en los sistemas de acueductos.

Contrariamente a la escasez del agua, se presenta un exceso, como la problemática de las inundaciones, que con mayor frecuencia ocurren en la zona costera del país, provocadas principalmente por los desbordamientos de los ríos Lempa, Grande de San Miguel y la Paz. Las causas de las inundaciones están relacionadas básicamente con el permanente mal manejo que se hace de las cuencas hidrográficas y de sus recursos naturales, debido principalmente a actividades antrópicas tales como la grave deforestación, urbanización desordenada, uso inadecuado del suelo, realización de prácticas agrícolas dañinas para la conservación del agua, suelo, diversidad biológica y medio ambiente en general.

3.4.6 PRODUCCIÓN Y CONSUMO

Según ANDA , en el año 2001 su producción de agua fue de 278.9 millones de m³ y el consumo facturado de 249.0 millones de m³ , con pérdidas por operación de 17.4%.

La cobertura del servicio de agua potable a nivel nacional para el 2001 a través de ANDA, municipalidades y comunidades autoabastecidas (conexiones domiciliarias y fácil acceso) fué de 63.7 % ; en las áreas urbanas 96.1 % y 30.0 % en el área rural.

La población considerada para los cálculos de cobertura de abastecimiento y saneamiento (ANDA 2001) es de 6,457,344 habitantes.

De acuerdo a la información (ANDA 2001), los usos del agua a nivel de millones metros cúbicos se puede resumir : domiciliario y comercio, 212.6 (85.4 %); industria, 2.0 (0.8 %); gobierno central, autónomas y municipios, 15.8 (6.4 %) y explotación privada 18.5 (7.4 %).

3.4.7 LA CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

El país no cuenta con estudios recientes a nivel nacional, por lo que se continúa manejando el indicador que el 90 % de los recursos hídricos presentan altos niveles de contaminación química y/o biológica. Existe alguna información relativamente reciente a nivel focal (áreas específicas), tales como los ríos Suquiapa, Sucio, Acelhuate, Cuaya, en los que se han encontrado altos niveles de contaminación bacteriológica y química. Esta información ha sido generada por instituciones gubernamentales, universidades y empresa privada.

Los ríos reportados como más contaminados son el Acelhuate, Suquiapa, Sucio, Grande de San Miguel y Acahuapa, los cuales drenan las aguas residuales de San Salvador, Santa Ana, Nueva San Salvador, San Miguel y San Vicente

respectivamente. Pero de manera general, todos los ríos que en su recorrido pasan por asentamientos humanos, industrias y agroindustrias, están contaminados, aunque en algunos pocos casos existe algún tratamiento de aguas residuales.

3.4.8 FUENTES DE CONTAMINACIÓN

En el país se cuenta con estudios puntuales de contaminación de los recursos hídricos realizados por el gobierno, universidades, empresa privada, ONG's, etc. basados en objetivos específicos, ésto ha llevado a conocer de una manera parcial el estado de la contaminación de los recursos hídricos superficiales. Pero es importante mencionar que es poca la información cuantitativa del tema. El SNET ha programado realizar una priorización de cuencas hidrográficas para abordar el problema de la contaminación a través de la implantación de planes de monitoreo de calidad y cantidad de agua; obtener información confiable y continua de los recursos hídricos para realizar un manejo adecuado y sostenible de los mismos.

Otro esfuerzo realizado en cuanto a evaluar el grado de la contaminación del recurso hídrico superficial de una forma continua y confiable fué ejecutado por el MAG, en los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate. Desde 1998, se comenzó con una identificación de fuentes contaminantes y posteriormente un monitoreo sistemático y sostenido desde 1999 a la fecha, analizando parámetros químicos, físicos, biológicos, bacteriológicos y metales pesados en 72 estaciones de muestreo distribuídas en las tres subcuencas. Dicho monitoreo permitió recolectar información básica necesaria para la modelación de Oxígeno Disuelto-DBO5 en los canales principales de los ríos en estudio; así como conocer los niveles de contaminación cuantificados a través del Índice de Calidad General en 11 estaciones de ríos.

En 2002, a través de SWISSCONTACT se realizó el proyecto de Inventario de Fuentes Contaminantes Fijas del Area Metropolitana de San Salvador y principales Zonas Industriales del país. Fueron inventariadas 3,054 fuentes, quedando pendiente la caracterización de sus vertidos.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuenta con el Servicio de Estudios Territoriales y con proyectos de apoyo, que dentro de sus componentes está la protección, uso y aprovechamiento de los recursos hídricos. Se tiene : Descontaminación de Areas Críticas , Fortalecimiento a la Gestión Ambiental de El Salvador , Programa de Modernización de los Sistemas de Gestión Ambiental en Centroamérica ,Tecnologías Limpias , Ecoservicios .

3.4.9 SANEAMIENTO

Para 2001 (ANDA), la cobertura del área urbana fue de 89.9 % (alcantarillado y letrinas), y la del área rural 51.0 % (letrinas). A nivel nacional la cobertura fue de 70.9 %.

A nivel nacional, se continúa considerando que el tratamiento de aguas servidas tanto domésticas como industriales es menor del 2 % y que ANDA lo hace en sus efluentes en menos del 5 %. Se espera que con la aplicación de la Ley del Medio Ambiente, esta situación crítica será gradualmente mejorada encaminada y dirigida hacia el desarrollo sostenible del país.

3.4.10 ASPECTO LEGAL E INSTITUCIONAL

LEGAL

Se dispone de los Códigos: Civil, Penal, Municipal, de Salud; de Leyes: del Medio Ambiente, Forestal, Riego y Avenamiento, Pesca, Pesticidas y Fertilizantes, creación de ANDA y CEL.

Se carece de una Ley de Aguas de carácter general o especial. Dentro del proceso de modernización de los recursos hídricos, hay anteproyectos elaborados al respecto y están a nivel de discusión gubernamental. También está en proceso de consenso una propuesta de norma de aguas residuales.

INSTITUCIONAL

En la actualidad existen unas 27 instituciones públicas relacionadas con el Sector Recursos Hídricos. También intervienen de alguna forma las 262 municipalidades del país. Se carece de una Institución Reguladora o Autoridad del Agua que dé las concesiones de uso y aprovechamiento y que realice la gestión integral del recursos, aunque están en proceso las propuestas de creación. (28)

3.5 CRISIS DE AGUA EN EL SALVADOR.

Cada año mueren 12,000 niños-as de enfermedades diarreicas principalmente por el consumo de agua contaminada, ante ésta realidad no existe un plan nacional para resolver el problema.

Laboratorios de Calidad Integral, han tomado pruebas del río Lempa durante dos años, los resultados son preocupantes, 95 % de las pruebas son positivas de bacterias de *Escherichia coli*. Además, se encontraron grandes cantidades de metales pesados como Plomo, Arsénico, Boro, Cadmio, Cromo, Mercurio y Níquel. Causantes de problemas en el estómago, cáncer de piel, cáncer de pulmón, cambios en los cromosomas y enfermedades en el sistema nervioso central.

En diez años han crecido los casos de enfermedades de diarrea y parásitos de intestino de 150,000 hasta 220,000. No existe una protección legal para los ríos y

lagos. La industria y la agricultura vierten sustancias tóxicas al agua. Productos químicos que son prohibidos en Estados Unidos y Europa se permiten en el país.

En la capital 28,000 familias no tienen agua en sus casas, Pero también la población que tiene agua por tubería la reciben muy irregular. Algunos reciben agua sólo algunas horas del día y el agua que sale de los grifos muchas veces es de mal color, huele mal y está muy clorada. Esto en gran medida por los tubos ancestrales y la mala purificación.

La situación en el área rural es peor, el 75 % de la población en el campo no tienen servicio de agua potable. Ellos se abastecen de pozos o directamente de los ríos y lagos poniendo en peligro la salud de muchas familias, los pozos muchas veces están situados cerca de las letrinas y eso hace que el agua este contaminada de bacterias como la *Escherichia coli*. Los ríos y lagos son usados como letrinas, para lavar ropa , verter agua sucia , botadero de basura y las industrias también vierten sus aguas sucias sin previo tratamiento. Además, las empresas sacan grava y arena en los bordes de los ríos para utilizarla en la construcción, eso destruye también la calidad del agua y la biodiversidad acuática. (29)

3.6 ENERGIA SOLAR: REGIONES PARA LA APLICACIÓN

Es para todos conocidos que la radiación solar está distribuida irregularmente, y que varía en intensidad desde un lugar geográfico a otro dependiendo de la latitud, estación y hora del día. Registros sobre radiación solar han sido escasos en la mayor parte de los países en desarrollo.

Por conveniencia y simplicidad, la distribución geográfica del total de la radiación solar en escala global está dividida en términos de intensidad por cuatro franjas alrededor de la tierra.⁽²⁴⁾

La franja más favorable. Ésta franja, se encuentra entre las latitudes 15°N y 35°N, comprende las regiones que son naturalmente las mejores y las más favorables para aplicaciones de la energía solar. Estas regiones semi-áridas se caracterizan por tener la mayor cantidad de radiación solar, más del 90% de las cuales llegan como radiaciones directas ya que hay muy pocas lluvias y cielo nublado, además, hay alrededor de 3,000 horas de sol por año.

Franja moderadamente favorable. Ésta franja se encuentra entre el ecuador y latitud 15°N, y es la segunda región más favorable para propósitos de aplicaciones de energía solar. Por la humedad alta, el cielo nublado es frecuente, la proporción de la radiación solar es relativamente alta. Hay un total de 2,500 horas de sol por año. La intensidad solar es casi uniforme en todo el año y la variación de estaciones es leve.

Franja menos favorable. Ésta franja se encuentra entre latitud 35°N y 45°N. aquí la intensidad de la radiación solar varía bruscamente en comparación de las dos franjas anteriores, ya que hay marcadas variaciones de estación y afecta tanto la intensidad como las horas de luz solar. Durante los meses de invierno la radiación solar es relativamente baja que en el resto del año.

Franja no favorable. Ésta región se encuentra arriba de la latitud 45°N, incluye Rusia, la mayor parte del norte de Europa y Norte América. Aquí, la mitad del total de la radiación es difusa, con la mayor parte del año cubierto de nubes y el invierno es más largo que el verano.

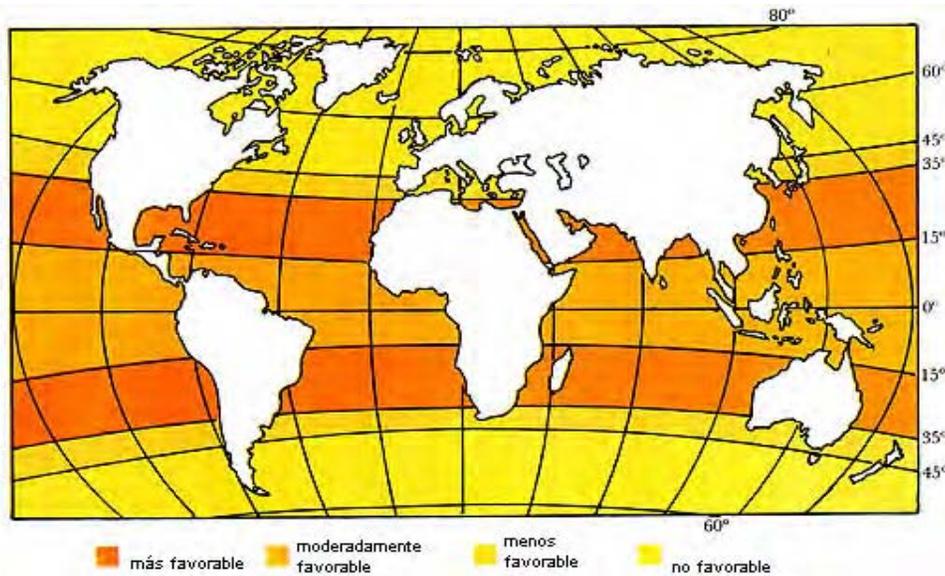


Figura No 1. REGIONES PARA LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

Es importante notar que la mayoría de países en desarrollo se ubican en las regiones más favorables entre latitudes 35°N y 35°S, por ésta razón pueden contar con la radiación solar como un recurso de energía que puede ser perfectamente explotado con costos muy bajos tanto en la zona rural como urbana, a nivel doméstico y para muchos propósitos incluyendo la desinfección solar del agua. (24)

3.7 EL MÉTODO SODIS

3.7.1 COMO SE DESARROLLÓ LA IDEA DE SODIS - ESBOZO HISTÓRICO

La investigación sobre la desinfección solar del agua la inició el profesor Aftim Acra de la American University of Beirut. El trabajo de Acra motivó a la Asociación de Sistemas Integrales de Energía Rural (INRESA) a lanzar un proyecto ramificado en 1985.

En 1988, el Brace Research Institute de Montreal organizó un taller para revisar los resultados de esta investigación de campo.

En 1991, un equipo interdisciplinario compuesto por ingenieros sanitarios, fotoquímicos, bacteriólogos y virólogos del Instituto Federal Suizo Para La Ciencia y Tecnología ambiental mediante su departamento de Saneamiento en Países en Desarrollo (EAWAG/SANDEC) inició exhaustivas pruebas de laboratorio y de campo para evaluar el potencial de SODIS y desarrollar un método de tratamiento del agua eficaz, sostenible y de bajo costo.

En el pasado se han usado dos procesos distintos para el tratamiento del agua usando energía solar con el fin de mejorar la calidad microbiológica del agua. El primero la radiación UV, se ha usado por su efecto bactericida; el segundo, la radiación infrarroja para elevar la temperatura del agua, se conoce como pasteurización. Durante la primera fase de la investigación, los investigadores de EAWAG combinaron los dos efectos y descubrieron una fuerte sinergia entre la radiación y el calor. Los experimentos demostraron que a una temperatura del agua de 50°C, sólo se necesita la cuarta parte de la cantidad de luz UV requerida a 30°C para inactivar la misma cantidad de coliformes fecales.

Durante la segunda fase del proyecto de investigación, se probaron varios tipos de recipientes en condiciones de campo, usando diferentes calidades de agua y condiciones climáticas. Se usaron materiales disponibles localmente, como botellas de plástico, vidrio y bolsas de plástico. Durante la fase de prueba, los investigadores elaboraron guías de operación para el método de tratamiento del agua.

Durante la tercera fase, se estudió la aceptación sociocultural, la aplicabilidad y la viabilidad financiera de SODIS a través de proyectos de demostración en

comunidades en Colombia, Bolivia, Burkina Faso, Togo, Indonesia, Tailandia y China. El estudio para determinar la aceptación sociocultural de SODIS reveló que los usuarios aprecian la sostenibilidad y simplicidad de este método de tratamiento del agua. Un promedio del 84% de los usuarios definitivamente continuaría usando SODIS luego de concluidos los proyectos de demostración. Aproximadamente el 13% de ellos señaló que consideraría usarlo en un futuro y sólo el 13% de los usuarios se rehusó a usar SODIS por que consideran que su salud no se veía afectada por la calidad del agua que venía consumiendo. ⁽¹⁵⁾

3.7.2 EL POTENCIAL DE LA DESINFECCIÓN SOLAR DEL AGUA

A nivel domiciliario, el agua puede ser almacenada, hervida, filtrada o clorada. Sin embargo, éstos procesos frecuentemente han fracasado debido a diferentes tipos de problemas: eficiencia limitada, costos elevados y/o rechazo del sabor del agua.

En las últimas dos décadas muchas investigaciones han sido realizadas por diferentes instituciones en todo el mundo para desarrollar y comprobar la eficiencia de la Desinfección Solar del Agua (SODIS). Estas investigaciones han demostrado que SODIS es un método de tratamiento de agua que:

- Mejora la calidad microbiológica del agua
- No cambia el sabor del agua
- Es aplicable a nivel domiciliario
- Es simple
- Se basa en materiales disponibles localmente y energía renovable
- Es replicable con costos de inversión muy bajos

3.7.3 EL MÉTODO DE DESINFECCIÓN SOLAR (SODIS) DEL AGUA

Se llenan las botellas de plástico transparente PET con agua contaminada y se las exponen, en posición horizontal, a plena luz del sol (mínimo 6 horas de exposición entre las 9am y 3pm). Durante la exposición, los rayos solares destruyen las bacterias y virus patógenos.

Una intensidad de la radiación solar de por lo menos 500 W/m durante 6 horas es requerida para que el proceso de desinfección sea eficiente.

Si la temperatura supera los 50° C, gracias al efecto sinérgico de la radiación UV y de la temperatura, el proceso de desinfección requiere solamente un tercio de la intensidad de la radiación, y el agua es segura para su consumo después de una hora solamente.

El Método de Desinfección Solar del Agua (SODIS) presenta grados muy elevados de eficiencia para mejorar la calidad microbiológica del agua a nivel casero, sin embargo no puede siempre garantizar una reducción de 100% de bacterias y virus, tomando en cuenta que la eficiencia del método depende de las condiciones climáticas y de la buena aplicación por parte de los usuarios.

3.7.4 REQUERIMIENTOS: SOL, AGUA Y BOTELLAS DE PLASTICO

TRANSPARENTE

- SODIS requiere condiciones climáticas favorables con una intensidad de la radiación solar de 500 W/m durante 6 horas.
- SODIS requiere agua clara con una turbiedad menor de 30 UNT.
- SODIS requiere recipientes transparentes que transmiten la radiación UV. Los recipientes más apropiados son las botellas de plástico PET porque son más

baratas, más fáciles de manipular, las cuales contienen menos aditivos (estabilizadores UV) que las botellas de PVC.

Botellas de vidrio también pueden ser utilizadas, pero la transmisión UV del vidrio depende fuertemente de su contenido de óxido de hierro (por ejemplo el vidrio común utilizado para las ventanas es prácticamente opaco a la radiación UV). Botellas usadas deberían ser reemplazadas después de aproximadamente un año de uso regular (depende del tipo de botellas y del cuidado del usuario), porque procesos de foto-oxidación y desgaste mecánico (rayas) reducen el coeficiente de transmisión a la radiación UV.

- La profundidad del recipiente utilizado no debe exceder de 10 cm en posición horizontal para que permita una transmisión suficiente de la radiación UV.
- El método también es más eficiente si el agua tiene niveles altos de oxígeno disuelto. En el agua la radiación solar produce compuestos muy reactivos de oxígeno (radicales libres y peróxido de hidrógeno), los cuales reaccionan con los componentes celulares de los microorganismos. Una forma simple de incrementar el contenido de oxígeno es de llenar la botellas $\frac{3}{4}$ con agua y sacudirlas fuertemente unos 20 segundos antes de llenarlas completamente y exponerlas al sol.

3.7.5 VENTAJAS DEL MÉTODO DE DESINFECCIÓN SOLAR (SODIS) DEL AGUA

- Considerando que los sistemas públicos de abastecimiento de agua muchas veces no proveen agua segura para el consumo humano, el método da la posibilidad a los usuarios de purificar su agua a nivel domiciliario bajo su propio control y responsabilidad.
- Mejora significativamente la calidad microbiológica del agua.

- No requiere grandes y costosas infraestructuras y es fácilmente reproducible.
- Es simple de entender y fácil de utilizar.
- Es muy económico: la luz solar es gratuita y la adquisición de botellas de plástico transparente generalmente no representa una inversión grande.
- Puede reducir la carga de trabajo, especialmente para mujeres y niños quienes muchas veces dedican mucho de su tiempo para la recolección de leña.
- Es ecológico. Como el método usa energía solar, no incrementa el recurso a combustibles tradicionales como leña, gas o kerosén. Por lo cual el uso del método puede tener un impacto positivo sobre problemas ambientales mayores en países en desarrollo como son la deforestación y la contaminación atmosférica.

3.7.6 LIMITACIONES DEL MÉTODO DE DESINFECCIÓN SOLAR (SODIS) DEL AGUA.

- Requiere agua clara con una turbiedad menor a 30 UNT.
- Requiere suficiente radiación solar. Si el cielo es cubierto a más del 50%, 2 días de exposición son necesarios para desinfectar el agua. La aplicabilidad del método es limitada en época lluviosa. La recolección de agua lluvia o hervir el agua son 2 alternativas recomendables durante estos días.
- No mejora la calidad química del agua.
- No es apto para desinfectar grandes cantidades de agua.
- Al igual que la ebullición, el método no tiene efecto residual (como el cloro) para proteger el agua de una recontaminación.
- Requiere botellas de plástico transparentes, las cuales son desecho de las sociedades de consumo. En regiones rurales aisladas, puede existir una escasez de botellas y un traslado de botellas de la ciudad al campo es necesario para permitir la

sostenibilidad del método. Esto permite el reuso de productos considerados como desechos.

- A pesar que el método sea muy simple, los usuarios requieren un entrenamiento y seguimiento para que sea aplicado correctamente.
- Para lograr mejores resultados a nivel de salud, una combinación de la desinfección del agua de consumo con mejores hábitos de higiene es requerida. (15,16)

3.8 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

En ésta sección se incluyen valores guías de los parámetros Físicos: Turbiedad, Temperatura, pH; Químico: Oxígeno Disuelto y Microbiológico *Escherichia coli*.

3.8.1 PARÁMETROS FÍSICOS

3.8.1.1 TURBIEDAD

La turbiedad en el agua se debe a la presencia de materias en suspensión tales como arcilla, sedimento, partículas orgánicas coloidales, plancton y otros organismos microscópicos. La turbiedad es utilizada como parámetro para caracterizar las propiedades ópticas de los líquidos que contienen partículas suspendidas que provocan una absorción y desviación de la luz.

Las partículas que producen la turbiedad en el agua varían en tamaño desde dimensiones coloidales hasta diámetros del orden de 0.1 mm. La turbiedad del agua natural puede variar desde menos de una unidad nefelométrica (UNT) hasta más de 1000 UNT. (2)

Los niveles elevados de turbiedad pueden proteger a los microorganismos contra los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de las bacterias y ejercer una demanda significativa de cloro. Por lo tanto, en todos los procesos que se utiliza la

desinfección con cloro , la turbiedad debe ser baja, de preferencia por debajo de 1 UNT, para conseguir una desinfección efectiva con cloro. Aunque el valor guía recomendado por la OMS es de 5 UNT.

La turbiedad por encima de 5 UNT puede ser perceptible y, en consecuencia, generar reparos por parte del consumidor. (2)

Una turbiedad elevada reduce substancialmente la penetración de la luz en el agua y por consecuencia reducen la eficiencia de desinfección del Método SODIS.

Aunque la turbiedad tiene solamente un efecto moderado sobre la eficiencia de SODIS, el agua cruda debe ser lo más clara posible y no debería superar una turbiedad de 30 UNT.(Fundación SODIS). (15)

3.8.1.2 TEMPERATURA

La velocidad de las reacciones químicas disminuye al disminuir la temperatura. Las concentraciones relativas de los reactivos y productos que están en equilibrio químico pueden también variar como la temperatura, por lo tanto, la temperatura puede afectar todos los aspectos del tratamiento y suministro del agua potable.

El valor recomendado de acuerdo con la Norma Salvadoreña es de 18-30°C.

Su determinación es importante para el análisis de la determinación de Oxígeno Disuelto. (21,22)

3.8.2 PARÁMETRO QUÍMICO

3.8.2.1 OXÍGENO DISUELTO (OD)

El OD es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial para la vida acuática. El nivel de OD es un indicador del grado de contaminación del agua. Generalmente, niveles altos de OD indican que el agua es de mejor calidad. Si

los niveles de OD son demasiado bajos hay baja reproducción de fauna y flora acuática.

Gran parte del OD en el agua proviene del Oxígeno en el aire que se ha disuelto en el agua. Parte del OD en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas. Otros factores también afectan los niveles de OD; por ejemplo, en un día soleado se producen altos niveles de OD en áreas donde hay muchas algas o plantas debido a la fotosíntesis. La turbulencia de la corriente también puede aumentar los niveles de OD debido a que el aire queda atrapado bajo el agua que se mueve rápidamente y el Oxígeno del aire se disolverá en el agua.

Además, la cantidad de Oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura también. El agua más fría puede guardar más oxígeno en ella que el agua más caliente. Una diferencia en los niveles de OD puede detectarse en el sitio de la prueba si se hace la prueba temprano en la mañana cuando el agua está fría y luego se repite en la tarde en un día soleado cuando la temperatura del agua haya subido. Una diferencia en los niveles de OD también puede verse entre las temperaturas del agua en el invierno y las temperaturas del agua en el verano. Asimismo, una diferencia en los niveles de OD puede ser aparente a diferentes profundidades del agua si hay un cambio significativo en la temperatura del agua.

Los niveles de OD típicamente pueden variar de 0 - 18 mg/L aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 mg/L para soportar una diversidad de vida acuática. Además, los niveles de OD a veces se expresan en términos de Porcentaje de Saturación. (29)

La radiación solar produce formas altamente reactivas de Oxígeno, como radicales libres y peróxido de hidrogeno, los cuales a su vez eliminan los microorganismos.

Los microorganismos expuestos a los subproductos reactivos del oxígeno son oxidados durante el tratamiento. La eficiencia del Método SODIS puede ser incrementada si el agua expuesta al sol tiene altos niveles de oxígeno. (15)

3.8.2.2 pH

El pH (potencial de hidrógeno) es una expresión numérica que indica el grado en que el agua es ácida o alcalina. El pH de la mayoría de fuentes de agua natural, fluctúa entre 6.5 a 8.5. La concentración del ión hidrógeno puede alterarse en forma significativa cuando se le da tratamiento al agua, al igual cuando se aumenta la temperatura.

Es posible determinar una relación directa entre la salud humana y el pH del agua potable, debido a que este tiene una estrecha relación con otros aspectos de la calidad del agua. (21,22)

3.8.3 PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO.

3.8.3.1 *ESCHERICHIA COLI*.

Escherichia coli, es un miembro de la familia de las enterobactereaceas y se caracteriza por la posesión de las enzimas β -galactosidasa y β -glucoronidasa. Se desarrolla a 44-45°C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol con producción de ácido y gas y produce indol a partir de triptófano. Sin embargo, algunas cepas pueden desarrollarse a 37°C pero no a 44-45°C, y algunas no producen gas. *Escherichia coli* no produce oxidasa, ni hidroliza la urea. La identificación completa del microorganismo es demasiado complicada para la práctica corriente, pero se han perfeccionado algunas pruebas que permiten una

identificación rápida y fiable. Algunos de éstos métodos se han estandarizado en el plano internacional y nacional y han sido aceptado para los usos corrientes.

Escherichia coli abunda en las heces humanas y animales; en las heces frescas puede alcanzar concentraciones de 10^9 por gramo. Se encuentra en las aguas residuales, los efluentes tratados y todas las aguas naturales y los suelos sujetos a una contaminación fecal reciente, de origen humano, de animales salvajes o de actividades agrícolas. Recientemente se ha sugerido que ***Escherichia coli*** puede estar presente y hasta multiplicarse en aguas tropicales no sujetas a contaminación fecal humana. Sin embargo, la contaminación fecal por animales salvajes, incluidas las aves, nunca se puede excluir, ni siquiera en las regiones más remotas. Dado que los animales pueden transmitir gérmenes patógenos que son infecciosos para los seres humanos, la presencia de ***Escherichia coli*** o de bacterias termotolerantes no se debe ignorar, ya que persiste la presunción de que el agua ha sido contaminada fecalmente y el tratamiento ha sido ineficaz. (21,22)

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

La investigación bibliográfica se realizó por medio de la información que se encuentra en las bibliotecas de la Facultad de Química y Farmacia , Facultad de Medicina y Central de la Universidad de El Salvador. También información que se encuentra en Internet.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.2 TIPO DE ESTUDIO

Investigación, retrospectivo, prospectivo longitudinal.

4.3 AREA DE ESTUDIO

El caserío Cerro Partido pertenece al cantón Santa Bárbara, en el municipio de El Paraíso, departamento de Chalatenango.

4.4 DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO Y MUESTRA

4.4.1 UNIVERSO

65 pozos distribuidos de la siguiente forma: 3 colectivos, 2 colindantes, 60 individuales de la comunidad.

4.4.2 MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo dirigido o intencional. Porque el estudio va dirigido a los pozos con mayor probabilidad de contaminación y éstos son los que se encuentran cerca de letrinas.

4.4.3 TAMAÑO DE MUESTRA

Se seleccionaron 15 Pozos, que se encuentran cerca de la letrina. Estos representan el 23% del total de pozos.

PARTE EXPERIMENTAL

4.5 ANÁLISIS DEL AGUA DE POZOS PREVIO A LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS

4.5.1 TOMA DE MUESTRA.

Para la toma de muestras se utilizó una hoja de control de toma de muestras, donde se especifican todos los datos necesarios para una toma de muestra. Como : fecha, tipo de fuente, número de muestra, recolector de la muestra. (Anexo No 1)

4.5.1.1 TOMA DE MUESTRA DE PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO

a) En el caso de pozo con bomba de mecate

- 1) Se puso en marcha la bomba para hacer salir el agua retenida en las tuberías antes de proceder a tomar la muestra.
- 2) Se limpió la boca del tubo donde sale el agua con un trapo limpio.
- 3) Se esterilizó por unos diez segundos la boca del tubo flameando con un encendedor.
- 4) Se hizo funcionar nuevamente la bomba y se dejó caer el agua durante dos minutos, evitando el manipuleo.
- 5) Se dejó que el agua de la bomba fluyera directamente al interior de la bolsa estéril de Millipore (Whirl pak) y se tomó la muestra.

b) En el caso de pozo sin bomba

- 1) Preparación de cordel: se dispuso de un cordel resistente y cantidad suficiente, luego se amarró en un extremo una piedra de tamaño adecuado al frasco limpio.

- 2) Forma de amarrar el frasco: se aseguró el frasco con el cordel con un enlace sencillo en la parte inferior y doble enlace en el cuello.
- 3) Forma de enrollar el cordel: se enrolló el cordel en un trozo de madera cilíndrica a fin de que este no se enrede.
- 4) Abrir el frasco: se desenroscó el tapón, teniendo el cuidado de no tocar la boca del frasco ni la parte interna del tapón.
- 5) Se descendió el frasco, desenrollando lentamente el cordel dentro del pozo, con cuidado que el frasco no tocara las paredes del pozo.
- 6) Se sumergió el frasco completamente en el agua y se descendió hasta el fondo del pozo.
- 7) Se sacó el frasco con agua y se colocó dicha agua en una bolsa plástica estéril de Millipore (Whirl Pak), previamente rotulada, teniendo cuidado de no tocar los bordes al abrirla ni al cerrarla.

4.5.1.2 TOMA DE MUESTRA DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

a) Pozo con bomba

- 1) Se limpió la boca del tubo por donde sale el agua de la bomba con un trapo limpio.
- 2) Se dejó caer el agua durante 1-2 minutos.
- 3) Se limpió con papel Kleenex y alcohol isopropílico la boca del tubo donde sale el agua.
- 4) Se hizo funcionar nuevamente la bomba y se dejó caer el agua durante dos minutos, evitando el manipuleo.
- 5) El frasco de polietileno se lavó tres veces con una pequeña cantidad de agua del pozo que se muestrea.

- 6) Se llenó el frasco con agua del pozo procurando no dejar aire en el frasco.
- 7) Se rotuló el frasco con lugar, fecha, hora, nombre del muestreador. Transportar al laboratorio..

b) Pozo sin bomba

Se tomó muestra en frascos de polietileno, dichos frascos fueron esterilizados en el laboratorio.

- 1) Se lavó perfectamente el balde con el que se tomó la muestra.
- 2) Se sumergió en el pozo para que se llenara de agua.
- 3) El frasco de polietileno se lavó tres veces con una pequeña cantidad de agua del pozo que se muestrea.
- 4) Se llenó el frasco con agua del pozo procurando no dejar aire en el frasco.
- 5) Se rotuló el frasco con lugar, fecha, hora, nombre de muestreador/a.

4.5.2 ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA MUESTRA:

4.5.2.1 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Para el Análisis Bacteriológico se utilizó un equipo portátil de Filtración de Membrana Microfilm de Millipore (Anexo 2),

Método de Filtración por Membrana

El método de filtración por membrana o método de membrana filtrante (MF) brinda un recuento directo de los coliformes totales y fecales presentes en una muestra de agua determinada. El método se basa en la filtración de un volumen conocido a través de un filtro de membrana, hecho en base a algún compuesto de celulosa con

un diámetro de poros uniforme de $0.45\mu\text{m}$; las bacterias son retenidas en la superficie de la membrana filtrante. Cuando la membrana que contiene las bacterias se incuba en un recipiente estéril, a una temperatura apropiada con un medio de cultivo selectivo diferencial, se desarrollan colonias características de coliformes totales a 37°C y fecales a 44.5°C , cuyo recuento se puede efectuar en forma directa.

Ventajas del Método

- Más rápido: resultados cuantitativos en unas 48 horas.
- Menos mano de obra.
- Requiere menos medio de cultivo.
- Requiere menos material de vidrio.
- Resultado obtenido directamente por recuento de colonias (gran precisión)
- Fácilmente adaptable por su empleo sobre el terreno.

Desventajas

- No aplicable a las aguas turbias.
- Insumos costosos en muchos países.

Procedimiento:



a) Primero se colocó una membrana en el aparato de filtración Millipore.



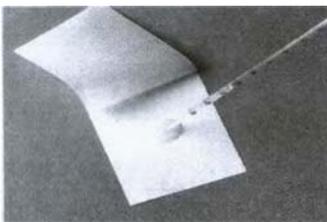
b) Se colocó un embudo estéril, con el cuidado que esté bien fijo.



c) Se filtraron 100 mL. de muestra.



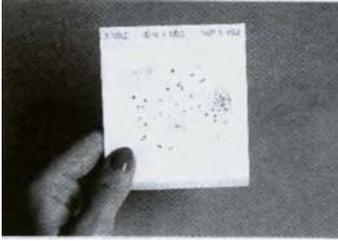
d) Se bombeó haciendo vacío para que el agua pasara por el filtro de membrana.



e) Se hidrató el medio EC con 1 mL de agua estéril.



f) Se colocó la membrana en el medio hidratado y se incubó a 37 °C por 24 horas.



g) Las UFC de *Escherichia coli*, se identificaron por su coloración morada.

4.5.2.2 ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO

Para el análisis físico químico se tomaron 15 muestras para determinar los siguientes parámetros: Turbiedad, Temperatura, Oxígeno Disuelto y pH.

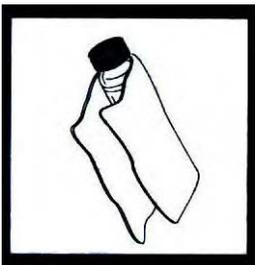
4.5.2.2.1 TURBIEDAD.

La determinación de la turbiedad se realizó por medio de un Turbidímetro Portátil HACH 2100P, previamente calibrado (Anexo 3).

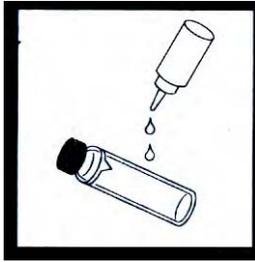
Procedimiento:



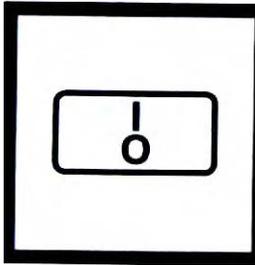
a) Se recogió una muestra representativa en un recipiente limpio. Se llenó una celda para muestras hasta la línea de llenado (15 mL), tomando la celda por la parte superior. Se cerró la celda para impedir el derrame de la muestra en el interior del instrumento.



b) Se limpió la celda con un paño suave y sin pelusa para eliminar las manchas de agua y las huellas de los dedos.



c) Se aplicó una película delgada de aceite de silicona. se pasó un paño suave para obtener una película uniforme sobre toda la superficie.



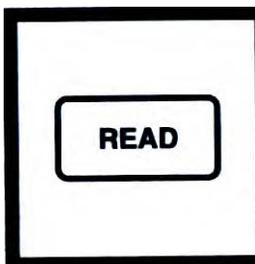
d) Se presiono: **I/O** y se colocó el instrumento sobre una superficie plana y estable. No se tocó el instrumento mientras se efectuaron las mediciones.



e) Se introdujo la celda de la muestra en su compartimiento, de modo que el diamante o la marca de orientación de la celda coincidiera con la marca de orientación, marcada en relieve delante del compartimiento. **Se cerró la tapa.**



f) Se seleccionó el modo de selección automática del intervalo pulsando la tecla **RANGE**. La pantalla mostró **AUTO RNG ..**



g) Pulsar: **READ**.

La pantalla mostró ---- **NTU** , y a continuación, el valor de la turbidez expresado en NTU. Se registró la turbidez después de que el icono de la lámpara desapareció.

NOTAS SOBRE LAS MEDICIONES:

- Se agitó cada muestra de agua antes de la medición de turbidez.
- Antes de cada medición se utilizó agua estéril como blanco.
- Se evitó la sedimentación de las muestras.
- Se emplearon siempre celdas para muestras limpias y en buenas condiciones; celdas sucias, rayadas o dañadas pueden dar lecturas imprecisas.
- Al tomar las lecturas, se colocó el instrumento en una superficie plana y estable.

4.5.2.2.2 EL OXÍGENO DISUELTO Y TEMPERATURA

Se determinó por medio del aparato OXICELL 92 WTW.

Procedimiento:

Estas mediciones se tomaron *in situ*.

CALIBRACIÓN :

La calibración se lleva a cabo con el tubo de calibración **OxiCal®-s**.

- 1) Se conectó el electrodo y se esperó el tiempo de polarización (30 minutos).
- 2) Se colocó el interruptor principal (main switch) en **O₂** y el interruptor de operación (operation switch) en **mbar**.
- 3) Se midió la presión barométrica en el barómetro y se ajustó el dato en el instrumento **Oxicell 92 WTW** con la **perilla de regulación mbar**.
- 4) Se cambió el interruptor de operación a **%**.
- 5) Se eliminó el agua del electrodo y se colocó dentro del tubo de calibración **Oxical®-s**.
- 6) Se esperó hasta que se estabilice la lectura. Se giró la **perilla de regulación** al valor de 102.

MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO.

- a) Se encendió el aparato Oxicell 92 WTW y mover el interruptor de operación a la posición % ó **mg/L**.
- b) Se colocó en un beaker de 250 mL. aproximadamente 100 mL. de muestra.
- c) Se colocó el electrodo en el agua. Se agitó constantemente el agua en forma circular con el electrodo.
- d) Se leyó el valor mientras se agita constantemente.
- e) Para medir la temperatura se cambió el interruptor principal a **°C**.
- f) El electrodo se lavó con agua destilada después de cada lectura y se secó cuidadosamente con papel toalla.

4.5.2.2.3 pH

Se midió con un pHmetro HACH SENSION1 con electrodo modelo 51910 .(Anexo 4).

Procedimiento:

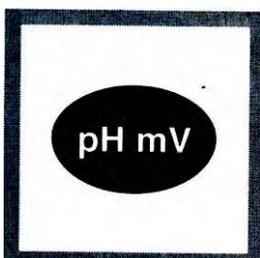
CALIBRACIÓN.

- a) Se prepararon dos soluciones buffers. Buffer 1 pH 4.01 y Buffer 2 pH 10.01
- b) Se presionó **I/O/EXIT**. Luego se presionó **CAL**. La pantalla indicó el estándar inicial1.
- c) Se colocó el electrodo en el buffer 1
- d) Se presionó **READ/ENTER**. Se espera hasta que se estabilice el electrodo.
- e) La pantalla indica el estándar final 2, de acuerdo a la calibración, se lavó el electrodo con agua destilada.
- f) Se colocó el electrodo en el buffer 2. Se presionó **READ/ENTER**
- g) Se presionó **EXIT**
- h) Cuando la lectura se estabilizó, apareció **STORE?**
- i) Para grabar la calibración, se presionó **ENTER**.

MEDICIÓN DE pH.

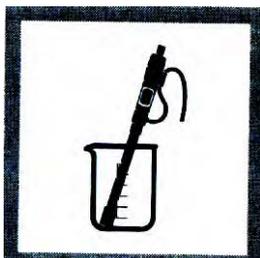


a) Se conectó el electrodo a el **SESSION1 pH metro**.



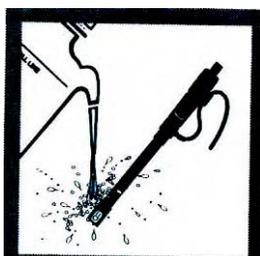
b) Se encendió el pHmetro presionando **I/O**.

Se presionó **pH mv** hasta que la pantalla mostró **pH**.



c) Se colocó el electrodo en la muestra. Se presionó **READ/ENTER**. Apareció la palabra **Stabilizing...** , junto con la lectura de pH, los valores fluctuaron hasta que el sistema se estabilizó. Cuando la lectura se estabilizó **Stabilizing...**

desapareció y se anotó el valor.



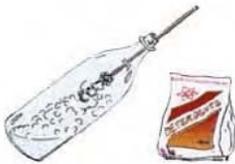
d) Se removió el electrodo de la muestra, se lavó con agua destilada y se colocó el electrodo en la siguiente muestra. Se repitió el paso **c)** para cada muestra.

4.5.3 APLICACIÓN DEL METODO SODIS AL AGUA DE LOS 15 POZOS

MUESTREADOS

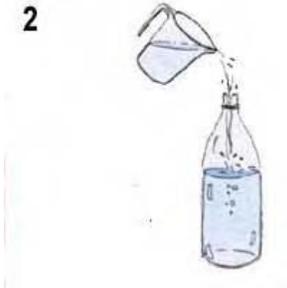
La aplicación del método SODIS se llevó a cabo de la siguiente manera:

1



- Se lavaron bien las botellas de plástico transparentes desechables , con tapón limpio y con capacidad de 2.5 L.

2



- Se llenaron las botellas con el agua de pozo, hasta llegar a unos $\frac{3}{4}$ de la capacidad de las botellas.

3



- Se agitaron las botellas unos 20 segundos aproximadamente con el objetivo de incrementar el oxígeno en agua y así facilitar la desinfección.

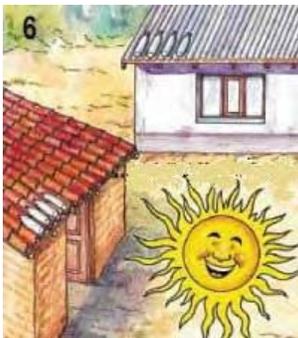


- Luego se llenaron completamente las botellas y se taparon bien.

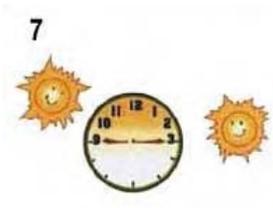
5



- Se colocaron las botellas al sol en un sitio accesible y sin sombra.



- El techo de las casas es un lugar ideal para colocar las botellas ya que se evita que les de sombra.



- Se expusieron al sol durante 6 horas desde la mañana hasta en la tarde. La hora más adecuada es de 9 a.m. hasta 3 p.m.

8



- Dejar enfriar el agua y tomar en vaso o recipiente limpio.

4.6 ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA TRATADA CON SODIS

4.6.1 TOMA DE MUESTRA.

De los 15 pozos seleccionados para el muestreo, se tomó de cada uno de los pozos una muestra en botellas (2.5 L.) y se almacenaron en refrigeración de 1-4 °C que se llevaron al laboratorio. De cada muestra de agua tratada por el Método SODIS, se filtraron 100 mL. para el análisis microbiológico y con los mililitros restantes se realizaron los análisis físico y químico del agua.

4.6.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Para la determinación del Coliforme fecal (*Escherichia Coli*) por el Método de Filtración por Membrana. El procedimiento se realizó de la misma forma que para las muestras de agua de pozo o cruda.

4.7 ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA TRATADA CON SODIS

Los parametros Físico-Químicos analizados fueron: Turbiedad, Temperatura, Oxígeno Disuelto, pH. Los procedimientos para los análisis se realizaron de la misma forma que para las muestras de agua de pozo.

4.8 CAPACITACIÓN SOBRE EL MÉTODO SODIS A LOS REPRESENTANTES DE FAMILIAS.

El Caserío Cerro Partido está representado por una Junta Directiva o ADESCO; la cual está conformada por un presidente, cinco comités y cada comité está representado por 3 miembros.

La Alcaldía Municipal de El Paraíso y ADESMUP son organismos que ayudan a las comunidades, cantones, caseríos a gestionar y financiar proyectos de desarrollo local.



Figura No 2. ORGANIGRAMA DE JUNTA DIRECTIVA DE EL CASERÍO CERRO PARTIDO

La Capacitación se dirigió a los 102 representantes de familia de la siguiente manera: En primer lugar se realizó una reunión con el Presidente de la Junta Directiva del caserío Cerro Partido para informarle sobre el proyecto a realizar, explicándole la necesidad de aplicar un método de desinfección del agua que consumen.

Al presidente de la Junta se le explicó que en la comunidad es necesario la aplicación de un método de desinfección para el agua que consumen, ya que en análisis previos, realizados por PRO-VIDA, se ha observado una elevada contaminación de origen fecal en el agua de la mayoría de pozos muestreados.

En segundo lugar, se coordinó con el presidente una reunión en la cual participarían los demás miembros de la Junta Directiva del caserío Cerro Partido en la que se les informaría sobre el proyecto a realizar : "La aplicación del Método de Desinfección Solar (SODIS) del Agua". A dicha reunión asistieron las personas convocadas, se divulgaron los beneficios del Método de Desinfección Solar (SODIS) del agua como: mejorar la calidad microbiológica del agua, disminución de las enfermedades diarreicas, mejora el manejo del agua a nivel casero para evitar su recontaminación, mejora los hábitos de higiene.

Además, se explicaron las etapas en que consistiría el proyecto: selección de pozos a analizar, análisis bacteriológico y físico químico del agua cruda, aplicación del método SODIS, análisis bacteriológico y físico químico del agua tratada por SODIS, entrega de resultados de los análisis a la Junta Directiva de Cerro Partido y propietarios de pozos, capacitaciones, aplicación del método SODIS por parte de las familias de Cerro Partido, visitas de seguimiento y monitoreo. En la reunión se pidió a los miembros de la Junta que convocaran a los representantes de familia para las capacitaciones.

Para realizar la capacitación de los 102 representantes de familia que habitan en el caserío Cerro partido se dividieron en 4 grupos: el primer grupo formado por los 16 miembros de la Junta Directiva de Cerro Partido, cada uno de ellos también representando una familia; la cual se realizó el día **24/Junio/2003**. Los 86 representantes de familia restantes conformaron 3 grupos, formándose dos grupos de 29 personas y uno de 28 personas.

El segundo grupo se capacitó el día por **1 /Julio/2003** y asistieron 16 personas.

El tercer grupo se capacitó el día **15/Julio/2003** asistiendo 17 personas.

El cuarto grupo asistieron 22 personas se capacitó el día **22/Julio/2003**.

La duración de cada capacitación fue de 2½ a 3 horas comprendiendo los siguientes temas referentes al agua: fuentes, su ciclo, importancia, usos, contaminación, efectos producidos por la contaminación, hábitos de higiene, diferentes métodos de desinfección del agua, ventajas del método de Desinfección Solar (SODIS) del agua, como funciona el método SODIS, pasos para la aplicación del método SODIS, limitaciones del método SODIS y recomendaciones finales.

Se realizó una dinámica para medir el grado de entendimiento y una sección de preguntas y respuestas para aclarar dudas.

La dinámica consistió en formar 4 grupos, a cada grupo se le entregó una pregunta referente al método SODIS. Cada grupo pasó al frente y respondió la pregunta pero sin hablar, solamente utilizando gestos y mimos, el resto de personas tuvieron que adivinar cuáles eran las respuestas.

INSTRUMENTOS: Rotafolio, volantes, afiches, botellas de plástico transparente.

Como forma de incentivo para iniciar la aplicación del método SODIS, se entregó a cada uno de los asistentes un refrigerio, una botella plástica transparente de 1.5 a 2.5 L y una hoja volante que ilustran los pasos SODIS.

Se realizó una capacitación en la Escuela Pública del caserío Cerro Partido, en la que asistieron los alumnos de primer y segundo grado.



La mayor parte de los 71 representantes de familia capacitados, se mostrarán interesados en aplicar el Método SODIS para mejorar la calidad del agua.

4.9 APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS POR PARTE DE LAS FAMILIAS.

Finalizadas las capacitaciones las familias iniciaron la aplicación del Metodo SODIS (Anexo 5).



Para verificar la correcta aplicación del método por parte de las familias, se realizaron visitas. El caserío Cerro Partido se dividió en 4 sectores: ESTE, OESTE, NORTE Y SUR.

La primera visita en el **Sector ESTE** se realizó el día 1/agosto/2003 , la segunda el 24/Septiembre/2003

Una tercera visita se llevó a cabo el día 14/Noviembre/2003, con el fin de colaborar en un reportaje de la PRENSA GRAFICA sobre la aplicación del método SODIS.

El **Sector OESTE** se visitó en las fechas 15/Agosto/2003 y 10/Octubre/2003.

El **Sector NORTE** se visitó los días 29/Agosto/2003 y 17/Octubre/2003 .

El día 21/Noviembre/2003 junto con representantes del CESTA se visitaron 15 familias de éste sector, el objetivo de ésta organización fué conocer la experiencia de los habitantes de Cerro Partido en la Aplicación del método SODIS.

El **Sector SUR** fue visitado el 4/Septiembre/2003 y 30/Octubre/2003.

Todos los sectores fueron visitados nuevamente, con el objetivo de hacer entrega de un afiche a cada familia del caserío Cerro Partido, este afiche ilustra los pasos para la aplicación del método SODIS e incluye un calendario 2004. El día 10/Diciembre/2003 se visitaron los sectores ESTE y NORTE , el día 12/Diciembre/2003 los sectores OESTE Y SUR.

LA PRENSA GRÁFICA
DEPARTAMENTOS

82 | LUNES 17 DE NOVIEMBRE DE 2003

[EL PARAISO/CHALATENANGO]

Desinfección del agua a través de rayos solares

SODIS es una alternativa en el área rural

» El agua de pozos artesanales puede ser ingerida al utilizar este método.

TANIA MEMBREÑO
 departamentos@laprensa.com.sv

Llenar cinco botellas con agua todos los días y ponerlas al sol se ha convertido en un ritual para Luciana Rivera, de 45 años. El Sol es el principal aliado para la desinfección del agua en las comunidades rurales como la del Cerro Partido, en el municipio de El Paraíso (Chalatenango).

El método denominado SODIS (Solar Water Desinfection, por sus siglas en inglés, que significa desinfección del agua a través del sol) está siendo implementado en 10 comunidades de diferentes municipios de Chalatenango por la Asociación Salvadoreña de Ayuda Humanitaria (PROVIDA).

De acuerdo con los representantes de PROVIDA, al desinfectar el agua de pozos, ríos o nacimientos por medio de los rayos ultravioleta del sol no es necesario hervirla o comprar cloro.

Existen comunidades donde las aguas que consumen tienen un alto contenido de bacterias y parásitos, debido a la contaminación, a veces, de las mismas letrinas ubicadas en las cercanías de los pozos, "ya hemos realizado las respectivas pruebas y la desinfección del agua es total", dijo Doris Osorio, de PROVIDA en Chalatenango.

Beneficiados

En el departamento unas 1 mil familias utilizan este "ingenioso" y garantizado método, que según los miembros de PROVIDA busca luchar contra las enfermedades gastrointestinales que padecen los habitantes de las comunidades rurales ante la ausencia de



APLICACIÓN. Juan Carlos Andino, de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, verifica la aplicación del método SODIS por los pobladores del Cerro Partido.



PREPARA. Luciana Rivera, de 45 años, muestra parte del proceso previo para la exposición de las botellas a los rayos solares.



«Entre más tiempo de exposición al sol, menos bacterias tendrá el agua. Lo más importante es cumplir con los pasos que indica el método para una verdadera desinfección.»

Leonor López, miembro de PROVIDA.



EN PRÁCTICA. Los habitantes de 10 comunidades de Chalatenango practican el método SODIS, el cual les permite contar con agua desinfectada.

ALTERNATIVA

SODIS es un método desinfectante del agua que se convierte en una alternativa en el área rural.

«Este método es promovido por la Asociación Salvadoreña de Ayuda Humanitaria (PROVIDA) en los departamentos de Cabanas, San Vicente, La Paz, Usulután y Chalatenango.»

«El método consiste en la exposición a los rayos solares del agua proveniente de pozos durante seis horas.»

«Según los representantes de PROVIDA, este método es garantizado mediante el análisis

de pruebas de laboratorio.

«Además, del estudio y las experiencias en varios países del mundo realizados por el Instituto Federal Suizo.»

«En Latinoamérica, únicamente Bolivia, Ecuador, Perú, Honduras, Guatemala, Nicaragua y El Salvador trabajan en la difusión del método.»

«Las comunidades de Chalatenango que utilizan el método son Guarjía, Ignacio Elacuará, y El Jicaró, de la cabecera departamental; Carasgua, de Nueva Trinidad; San Antonio Los Ranchos; El Zapotal, Coyohar, de Ojos de Agua; Cerro Partido, de El Paraíso, y San Isidro Labrador.»

aguardable.

Los pobladores han sido capacitados para la aplicación del método SODIS, que no es más que llenar de agua limpia un envase plástico transparente, donde se deja expuesto al sol por un espa-

cio mínimo de seis horas. Durante ese tiempo, la alta temperatura y los rayos ultravioleta hacen que los microorganismos sean eliminados.

La respuesta de los pobladores al uso del método SODIS es evi-

dente. Los techos de las viviendas de la comunidad Cerro Partido son utilizados para asolear el agua que más tarde será consumida por cada familia.

Este método SODIS tiene como base estudios y experiencias

en varios países del mundo, a través del Instituto Federal Suizo. En Latinoamérica, únicamente Bolivia, Ecuador, Perú, Honduras, Guatemala, Nicaragua y El Salvador trabajan en la difusión del método.

FIGURA N° 3. REPORTAJE SOBRE MÉTODO SODIS REALIZADO EN CERRO PARTIDO POR LA PRENSA GRÁFICA.

4.10 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS PARA CORREGIR POSIBLES ERRORES DE LOS NUEVOS USUARIOS.

En las visitas realizadas en los diferentes sectores se monitoreó y dio seguimiento a la aplicación del Método SODIS. Se corrigieron errores en la aplicación del método y se aclararon dudas.

Errores corregidos en la aplicación del método SODIS : botellas que reciben sombra a cierta hora del día, posición de las botellas en forma vertical, botellas con envoltura, botella sucias, botellas rayadas, tapón sucio.

Quienes seguiran dando seguimiento y monitoreo serán los promotores de PRO - VIDA

4.11 CÁLCULOS PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE FAMILIAS QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO SODIS

Con los datos obtenidos en las visitas familiares se realizaron los cálculos retomando la teoría de la probabilidad, la cual es una herramienta indispensable para toda clase de estudio que contenga incertidumbre. Es base fundamental de los procedimientos clásicos para la estimación y la prueba de hipótesis.

La probabilidad da origen a la construcción de modelos matemáticos de gran utilidad en la inferencia estadística. Por lo general las investigaciones se realizan tomando parte de la población, que constituyen subconjuntos de ella, llamados muestras. Es importante que se haga ver que lo más interesante del método estadístico es descubrir características generales de la población con solo analizar una parte de ella.

Definición clásica de probabilidad

La definición clásica se usa cuando un experimento puede tener solamente ciertos resultados definidos, cada uno de los cuales es igualmente probable. Si tenemos n resultados posibles de un experimento, la probabilidad para cualquiera de ellos es de $1/n$. En general podemos escoger un evento E que tiene $m(E)$ puntos muestrales y preguntar cual es la probabilidad de obtener un resultado que pertenezca a ese evento al efectuar el experimento una sola vez; entonces la probabilidad de E es:

$$P(E) = \frac{m(E)}{n(S)} = \frac{\text{Casos favorables al suceso } E}{\text{Casos igualmente posibles}} \quad (8)$$

El porcentaje de familias que utilizan el método SODIS se determinó de la siguiente manera:

De un total de 102 familias que habitan el caserío Cerro Partido, se les visitó y se verificó si estaban utilizando el método SODIS tanto a la gente capacitada como a los no capacitados.. Para llevar un registro de las familias , se hizo uso de una ficha familiar. (Anexo No 6).

En primer lugar se determinó la Porcentaje de familias que fueron capacitadas y que utilizan el método SODIS en el caserío Cerro Partido:

$$P(E) = \frac{m(E)}{n(S)} = \frac{\text{Casos favorables al suceso } E}{\text{Casos igualmente posibles}} \quad (8)$$

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 CUADRO Nº 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA DE POZO

PARÁMETRO	ESCHERICHIA COLI
VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	*0 UFC/100ml
Nº muestra	Agua cruda
1	250
2	164
3	731
4	412
5	387
6	479
7	110
8	507
9	105
10	562
11	674
12	332
13	240
14	414
15	269
Promedio	376
Desviación Estandar	185
Porcentaje de muestras que cumplen con la Norma	0%
Porcentaje de muestras que no cumplen con la Norma	100%

* Según Norma Salvadoreña

5.2 PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO *ESCHERICHIA COLI* EN EL AGUA DE POZO.

Según la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable (**NSO 13.07.01:97**) ; el valor máximo admisible del parámetro *Escherichia coli* es de **0 UFC/100 mL**.

Según Cuadro N° 1 las 15 muestras resultaron positivas a la prueba de *Escherichia coli*; esto nos indica que existe una alta contaminación que es de origen fecal, por lo que el agua no cumple con los límites máximos de la **NSO 13.07.01:97** y no es apta para el consumo humano, y de aquí la importancia de aplicar el método SODIS.

Las muestras 3, 8,10, 11, presentan los niveles más altos de contaminación de origen fecal (Figura N° 4). Por ésta razón las familias que consumen dicha agua están más expuestas a contraer enfermedades gastrointestinales. En términos de porcentaje el 100 % de las muestras están fuera de los límites la **NSO 13.07.01:97** (Figura N° 5).

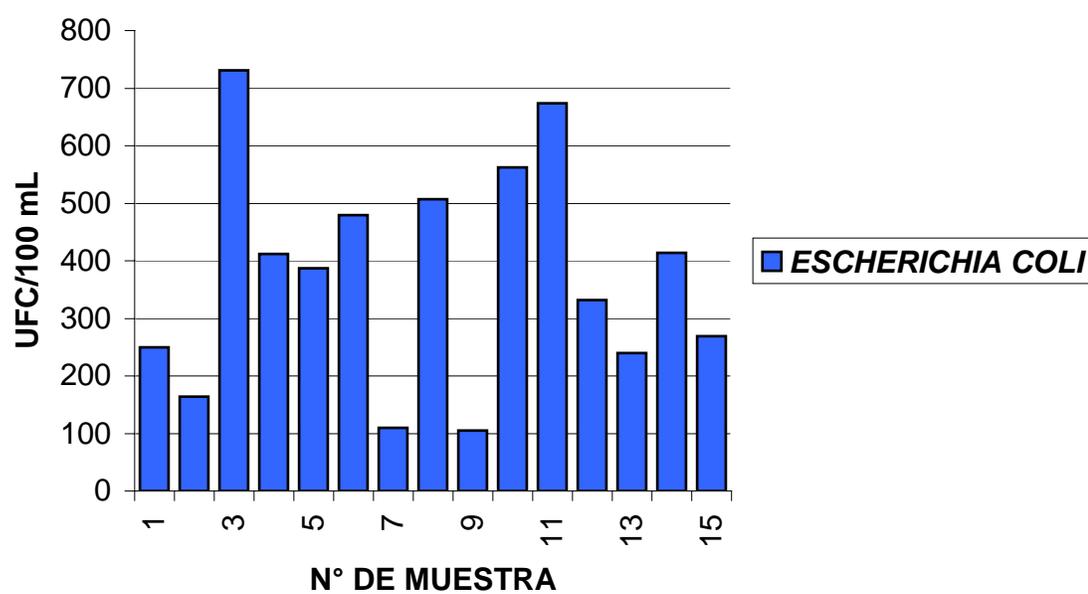


FIGURA N° 4. RESULTADOS DEL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO

***ESCHERICHIA COLI* EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.**



**FIGURA N° 5. RESULTADOS DEL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO
ESCHERICHIA COLI EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.**

5.3 CUADRO N° 2 RESULTADO DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA DE SODIS

PARÁMETRO	ESCHERICHIA COLI	
VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	*0 UFC/100ml	
N° muestra	Agua SODIS	Eficacia
1	0	100%
2	0	100%
3	1	99.86%
4	0	100%
5	5	98.70%
6	0	100%
7	0	100%
8	0	100%
9	0	100%
10	4	99.28%
11	0	100%
12	0	100%
13	2	99.16%
14	0	100%
15	0	100%
Promedio	1	99.8%
Desviación Estandar	1.5	0.004
Porcentaje de muestras que cumplen con la Norma	74%	
Porcentaje de muestras que no cumplen con la Norma	26%	

* Según Norma Salvadoreña

5.4 PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO *ESCHERICHIA COLI* EN EL AGUA SODIS.

Después de aplicar el método SODIS a las muestras de agua de pozo, en el cuadro N° 2 se observa una notable disminución en el conteo *Escherichia coli*.

En las muestras 3, 10, 5, 13 (Figura N° 6) el Método SODIS no pudo eliminar por completo la presencia de *Escherichia coli*, probablemente la incidencia de los rayos UV afectó la efectividad del método SODIS ya que todavía se observa presencia de *Escherichia coli*.

Comparándolas con su carga inicial es evidente la reducción de la carga microbiana. Y según, la Guía Para la Calidad del Agua Potable de la OMS, en el esquema de clasificación y asignación de colores para los coliformes termotolerantes (fecales) o *Escherichia coli* en los abastecimientos de agua; (Anexo 9) las muestras que se encuentran en un rango de 1 a 10 UFC/100 mL. se considera un agua de poco riesgo, pero no es apta para el consumo humano. Estas muestras están incidiendo en la salud de los usuarios.

Después de aplicar el método SODIS al agua de pozo el 74% de las muestras cumplen con la **NSO 13.07.01:97** y el 26% no cumplen. (Figura N° 7). La efectividad promedio del Método SODIS es de 99.80%. (Figura N° 8).

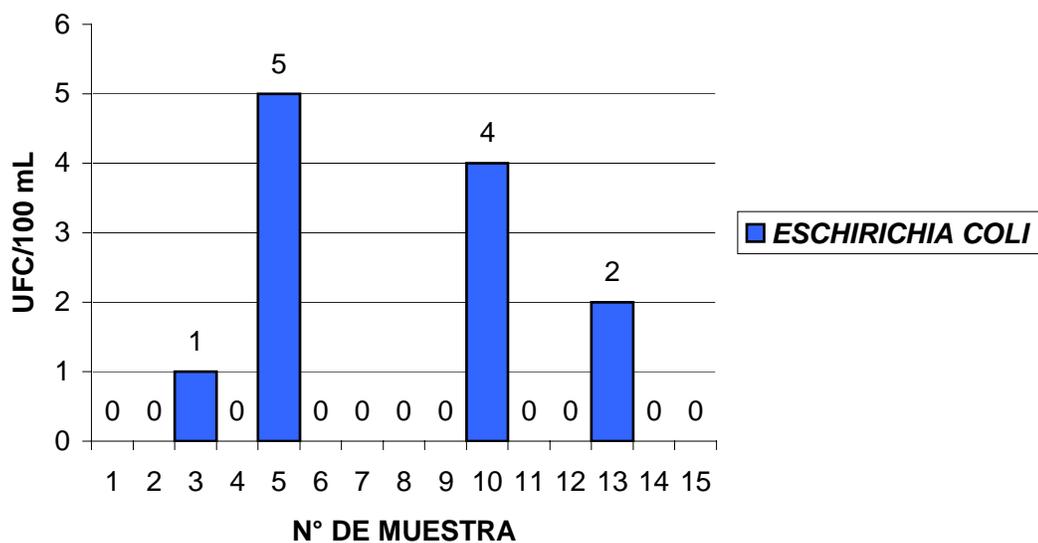
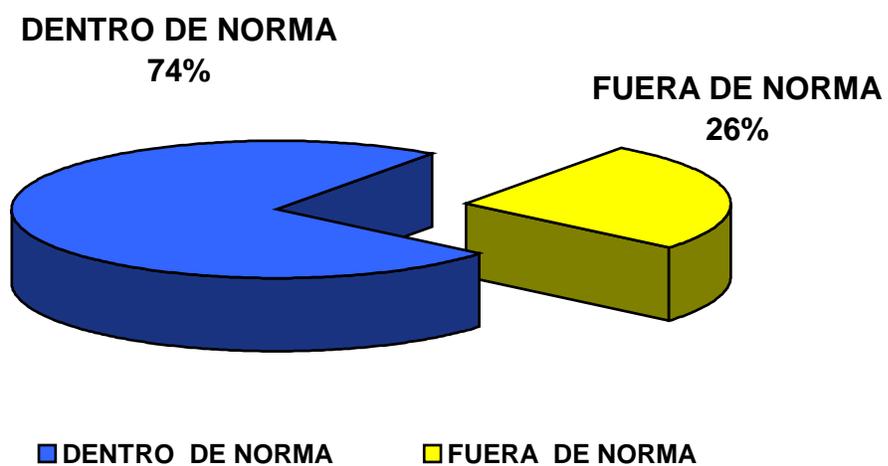


FIGURA N° 6. RESULTADOS DEL PARÁMETRO MICROBIOLÓGICO

***ESCHIRICHIA COLI* EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.**



**FIGURA N° 7. RESULTADOS DEL PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO
ESCHERICHIA COLI EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.**

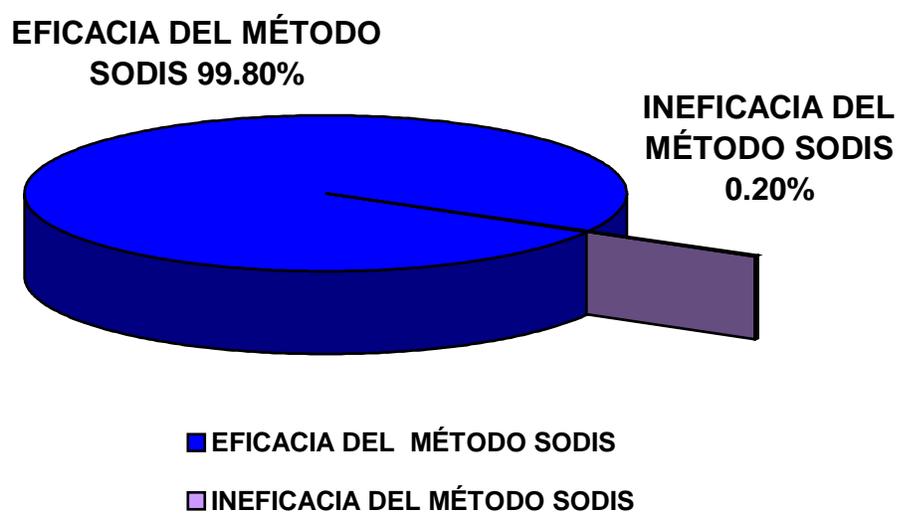


FIGURA N° 8. EFICACIA DEL MÉTODO SODIS.

5.5 CUADRO N° 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA DE POZO

PARÁMETROS	*Turbiedad	▲ Oxígeno Disuelto	*Temperatura	*pH
VALOR RECOMENDABLE	1 UNT	4.1 mg/L	18--30°C	6.0-8.5
VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	5 UNT	12 mg/L	NR*	-
N° de Muestra	Agua pozo	Agua pozo	Agua pozo	Agua pozo
1	2.1	8.5	29.8	6.2
2	5.5	6.7	29.0	7.8
3	4.0	8.4	27.9	6.2
4	4.0	6.6	29.0	5.5
5	1.2	7.8	29.6	5.8
6	1.2	7.3	28.0	6.2
7	0.8	6.8	28.5	6.7
8	1.6	7.1	29.2	6.9
9	1.3	8.4	29.0	6.5
10	6.4	7.5	29.8	6.9
11	2.3	8.0	28.9	6.8
12	1.4	8.4	28.2	6.7
13	3.2	7.3	28.0	6.9
14	2.1	6.8	29.3	6.5
15	2.8	7.4	28.5	6.2
Promedio	2.66	7.53	28.84	6.52
Desviación Estandar	1.61	0.65	0.62	0.53
Porcentaje de muestras que cumplen norma	87%	100%	100%	87%
Porcentaje de muestras que no cumplen norma	13%	0%	0%	13%

*Según Norma Salvadoreña

▲ Según referencia 29

5.6 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

TURBIEDAD

De acuerdo a los resultados en el Cuadro N° 3 se observa que la turbiedad del agua de pozo no sobrepasa el límite máximo establecido para la aplicación del método SODIS (30 UNT), y los valores se encuentran dentro de la **NSO 13.07.01:97**.

Las muestras de agua de pozo que registraron valores que exceden el valor máximo admisible de 5 UNT son las muestras 2 y 10 (Figura N° 9). El origen de ésta turbiedad es inorgánico. A simple vista no afecta la calidad del agua y no representa un riesgo para la aplicación del método SODIS ya que éste requiere una turbiedad menor de 30 UNT. El resto de las muestras están dentro de la **NSO 13.07.01:97**.

En términos de porcentajes el 87% de las muestras de agua de pozo cumplen con la especificación dada y el 13% no la cumplen. (Figura N° 10)

TEMPERATURA

En el cuadro N° 3 observamos que todas las muestras se encuentran dentro de los límites establecidos por la **NSO 13.07.01:97**. Por lo que ésta condición no contribuye en la proliferación de microorganismos que puedan alterar la calidad del agua.

En la Figura N° 12, observamos que el 100% de las muestras cumplen con la **NSO 13.07.01:97**.

OXÍGENO DISUELTO

En el cuadro N° 3 se observa que los valores de las 15 muestras se encuentran dentro de los valores recomendados (Anexo 8), equivalente a un 100% de las muestras. (Figura N° 14). Por lo tanto los resultados los niveles de Oxígeno Disuelto

en el agua de los pozos son adecuados para la reproducción de la flora y fauna acuática.

pH

Las muestras 4 y 5 tienen un pH ácido lo que contribuye a la proliferación de microorganismos en el agua (Figura N° 15). El resto de las muestras que equivalen un 85% están dentro de la **NSO 13.07.01:97** (Figura N° 16).

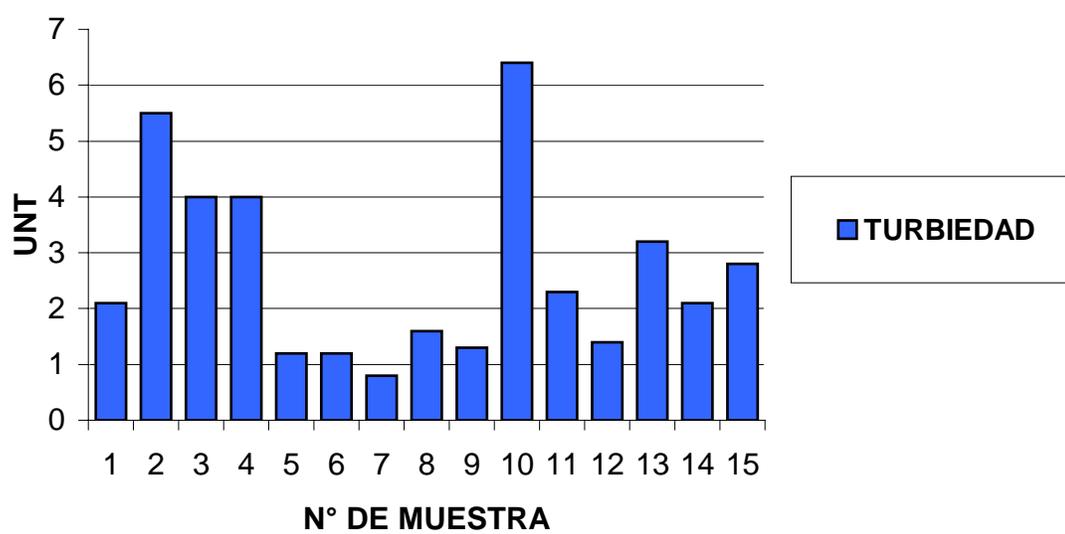


FIGURA N° 9. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TURBIEDAD EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

DENTRO DE NORMA 87%

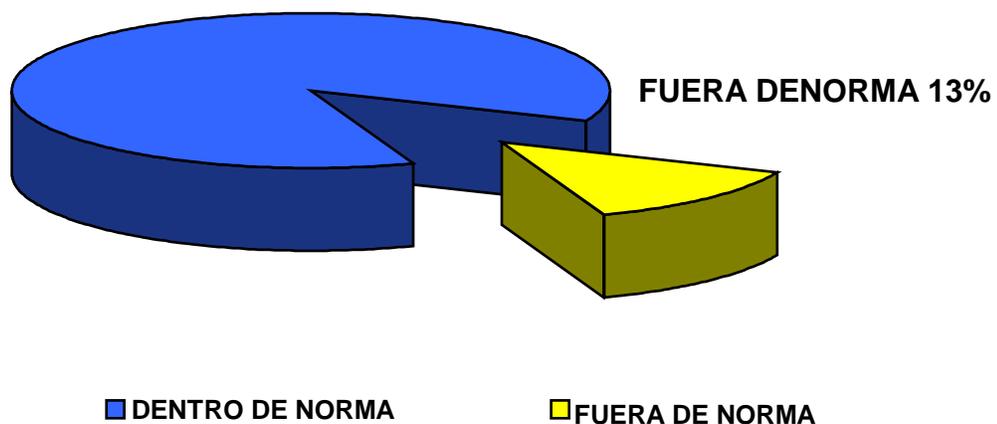


FIGURA N° 10. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TURBIEDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

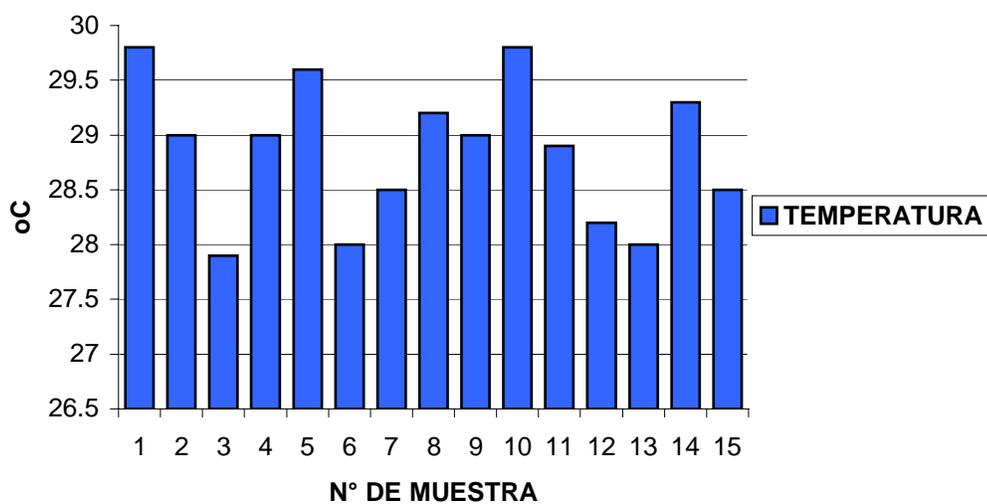


FIGURA N° 11. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TEMPERATURA EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.



**FIGURA N° 12. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TEMPERATURA DE
LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.**

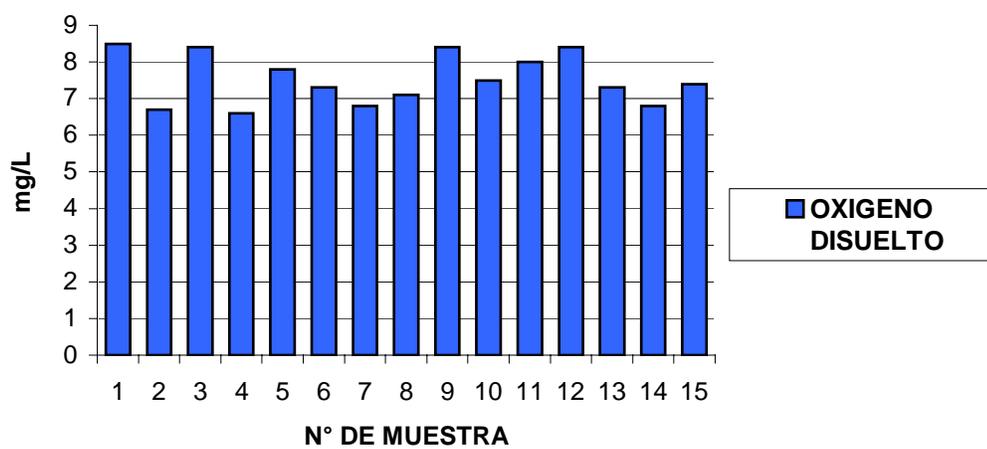


FIGURA N° 13. RESULTADOS DEL PARÁMETRO QUÍMICO OXÍGENO DISUELTO EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.



FIGURA N° 14. RESULTADOS DEL PARÁMETRO QUÍMICO OXÍGENO DISUELTO DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

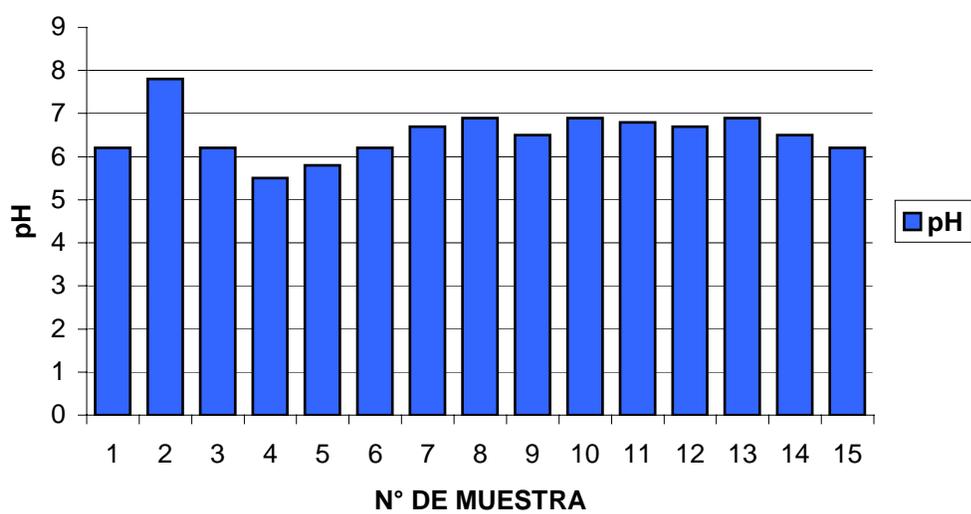


FIGURA N° 15. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO pH EN LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

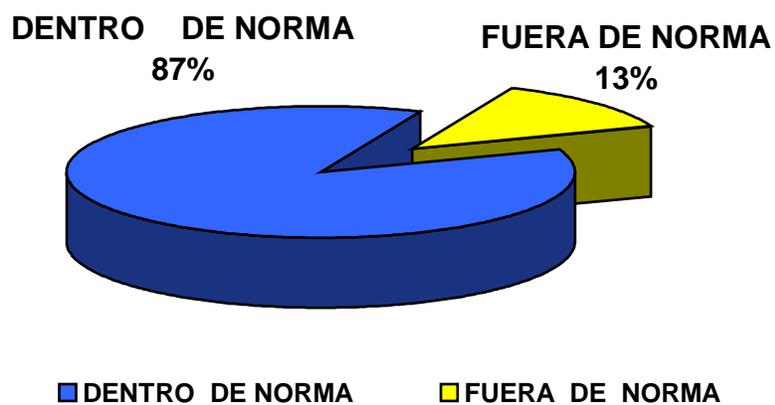


FIGURA N° 16. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO pH DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE POZO.

5.7 CUADRO Nº 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE AGUA SODIS

PARÁMETROS	*Turbiedad	▲ Oxígeno Disuelto	*Temperatura	*pH
VALOR RECOMENDABLE	1 UNT	4.1 mg/L	18--30°C	6.0-8.5
VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	5 UNT	12 mg/L	NR*	-
Nº de Muestra	Agua SODIS	Agua SODIS	Agua SODIS	Agua SODIS
1	1.6	9.1	26.2	6.6
2	4.7	9.2	26.6	7.8
3	2.9	7.4	26.3	7.9
4	2.3	7.2	17.1	6.4
5	1.8	9.8	26.4	7.1
6	1.7	6.2	31.5	6.3
7	0.9	5.7	31.3	6.6
8	0.9	7.1	26.0	7.1
9	1.0	9.0	29.4	6.8
10	0.9	6,1	31.4	6.6
11	0.5	6.4	30.3	6.4
12	0.8	9.8	28.4	6.5
13	2.6	6.9	28.8	7.1
14	1.4	9.0	30.5	6.8
15	2.6	6.0	29.7	6.5
Promedio	1.77	7.25	27.99	6.83
Desviación Estandar	1.06	1.38	3.51	0.47
Porcentaje de muestras que cumplen norma	70%	100%	60%	100%
Porcentaje de muestras que no cumplen norma	30%	0%	40%	0%

*Según Norma Salvadoreña

▲ Según referencia 29

5.8 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

TURBIEDAD

En el cuadro N° 4 se observa que todas las muestras cumplen con los límites de la **NSO 13.07.01:97** y las partículas existentes en el agua analizada son de origen inorgánico y no interfieren en la aplicación del Método SODIS.

TEMPERATURA

Se observa que las muestras 6, 7, 10, 11 y 14 presentan una temperatura arriba del valor recomendado (Figura N° 19) , según **NSO 13.07.01:97**. Esto se debe a que la temperatura ambiental registrada el día que se tomó la muestra fué mayor que la del resto de los días. Esto no es desfavorable en la aplicación del método SODIS ya que la temperatura junto con la radiación permiten la desinfección del agua, sin embargo, es necesario consumir esa agua en las 24 horas siguientes, ya que de lo contrario facilitaría el desarrollo de los microorganismos que puedan estar en el agua.

La Figura N° 20 nos permite observar que el 60% de las muestras se encuentran dentro de la temperatura recomendada.

OXÍGENO DISUELTO

En el cuadro N° 4 se observa que los valores de las 15 muestras se encuentran dentro de los valores recomendados , equivalente a un 100% (Figura N° 22) éstos resultados son favorable a la vida acuática y su reproducción.

pH

Se observa que todas las muestras no sobrepasan el valor máximo de 8.5 y que estan en el rango admisible según la **NSO 13.07.01:97**. Sin embargo en las muestras 4 y 5 experimentaron un leve incremento de pH (Figura N° 23) debido a que la temperatura provocó una liberación de sustancias alcalinas que reaccionan con el

agua y aumentan el pH. La Figura N° 24 nos permite apreciar que el 100% de las muestras cumplen con **NSO 13.07.01:97**, lo cual mejora la calidad del agua.

Las condiciones físico químicas del agua se mantienen y el agua no sufre alteración en la aplicación del Método SODIS.

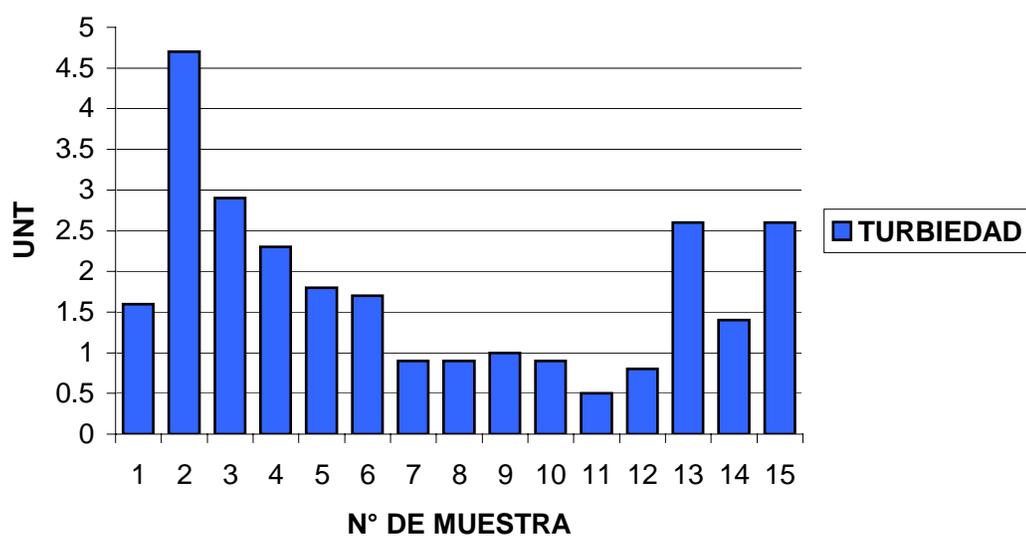
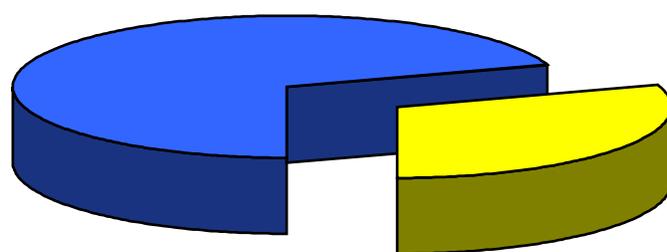


FIGURA N° 17. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TURBIEDAD EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

DENTRO DE NORMA 70 %



FUERA DE NORMA 30 %

■ DENTRO DE NORMA

■ FUERA DE NORMA

FIGURA N° 18. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TURBIEDAD DE LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

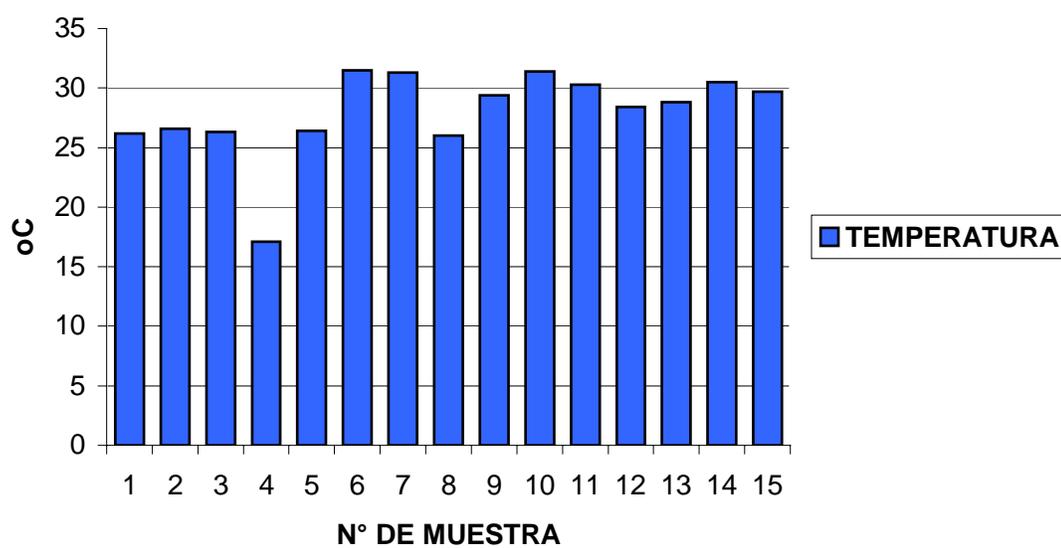


FIGURA N° 19. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TEMPERATURA EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

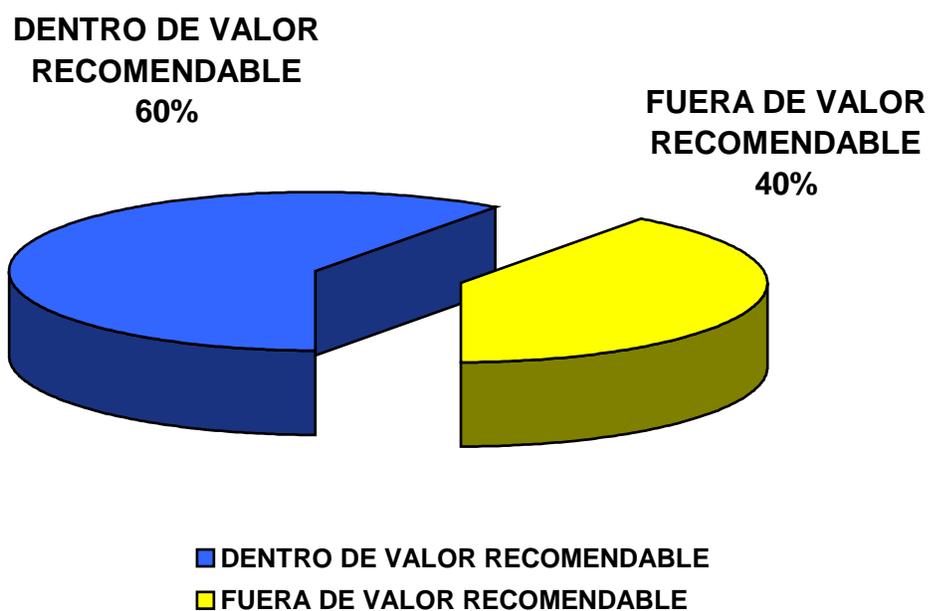
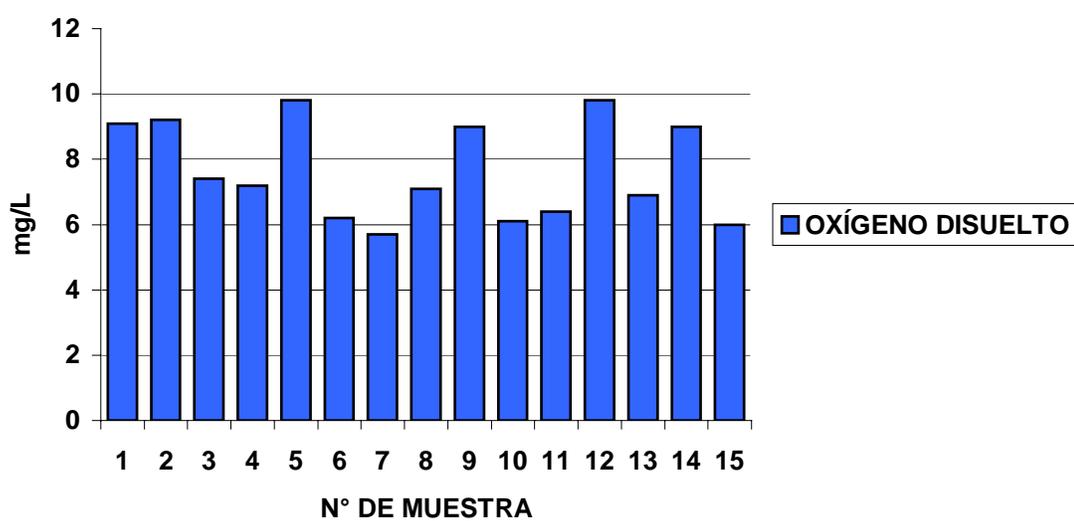


FIGURA N° 20. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO TEMPERATURA DE LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.



**FIGURA N° 21. RESULTADOS DEL PARÁMETRO QUÍMICO OXÍGENO
DISUELTO EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.**



**FIGURA N° 22. RESULTADOS DEL PARÁMETRO QUÍMICO OXÍGENO
DISUELTO EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.**

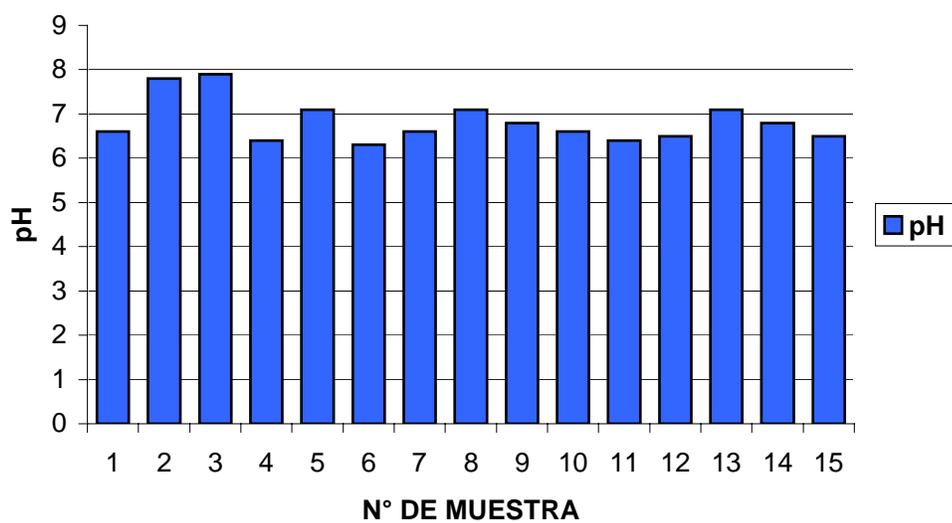


FIGURA No 23. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO pH EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

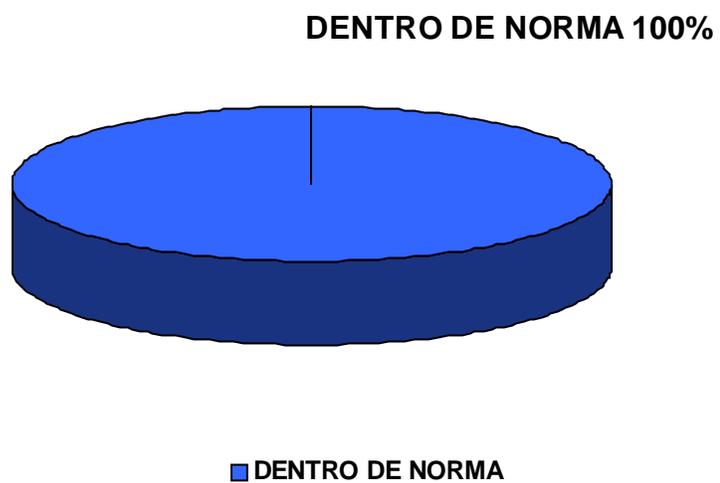


FIGURA N° 24. RESULTADOS DEL PARÁMETRO FÍSICO pH EN LAS MUESTRAS DE AGUA SODIS.

5.9 CAPACITACIONES.

CUADRO N° 5. RESULTADOS DE LAS CAPACITACIONES

Capacitaciones	1º	2º	3º	4º	TOTAL
Nº de personas convocadas	16	29	29	28	102
Nº de personas capacitadas	16	16	17	22	71

En la Figura N° 25 se observa el número de personas convocadas y el número de personas que asistieron a las capacitaciones: de 102 personas convocadas se capacitaron 71 en el Método SODIS.

Según la Figura N° 26, al comparar número de personas convocadas y las personas que asistieron a las capacitaciones, solamente 31 personas no asistieron a las capacitaciones; debido a que no atendieron la convocatoria o se encontraban laborando. Sin embargo de las 31 personas que no asistieron a las capacitaciones, 20 se encuentran aplicando el Método SODIS, beneficiándose al consumir un agua de buena calidad.

La dinámica reflejó que la mayor parte de personas asimilaron la importancia de contar con un método para mejorar la calidad del agua. Las personas capacitadas se comprometieron a ser entes multiplicadores del Método SODIS y también aplicarlo.

Las 30 familias que no están aplicando el Método SODIS están expuestas al peligro de adquirir enfermedades gastrointestinales y producir una recontaminación de los pozos.

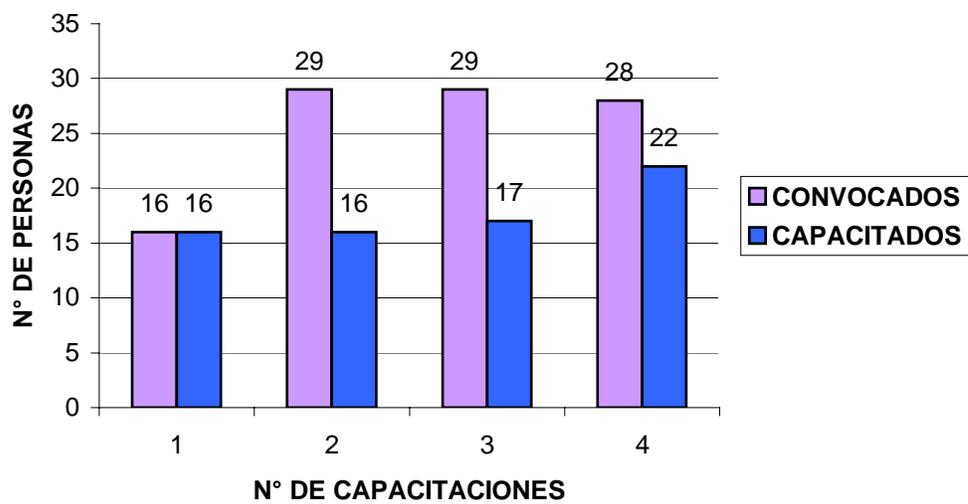


FIGURA N° 25. RESULTADOS DE LAS CAPACITACIONES.

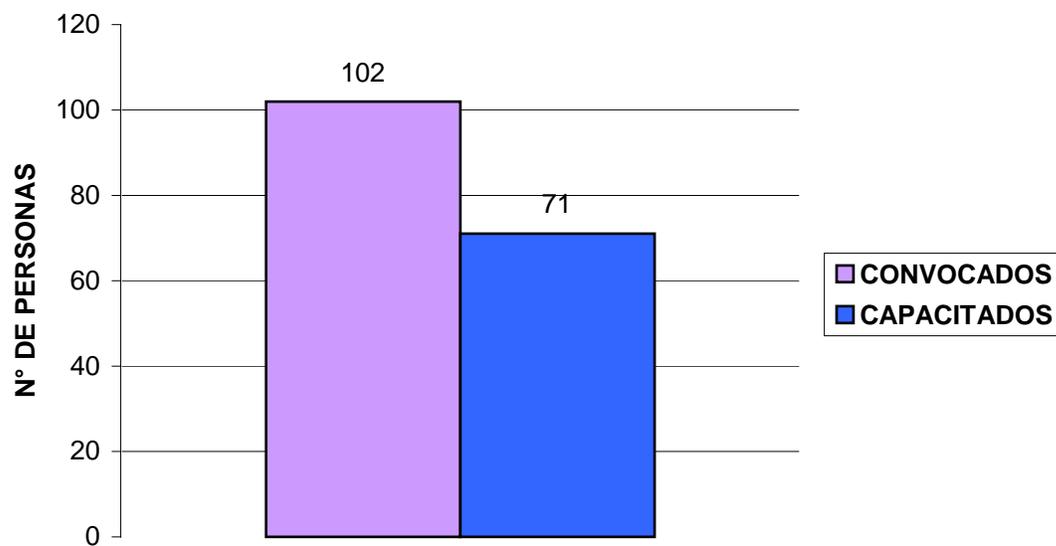


FIGURA N° 26. TOTAL DE PERSONAS CAPACITADAS.

5.9 VISITAS A FAMILIAS DEL CASERÍO CERRO PARTIDO.

CUADRO N° 6. RESULTADOS DE VISITAS A FAMILIAS DEL CASERÍO CERRO PARTIDO

Sectores del caserío Cerro Partido	Familias visitadas	Familias que aplican el Método SODIS	Familias que Hierven el agua	Familias que cloran el agua	Familias que no aplican métodos de desinfección.
ESTE	31	22	2	2	5
NORTE	23	17	1	1	4
OESTE	28	20	2	2	4
SUR	20	13	2	3	2
TOTAL	102	72	7	8	15
PORCENTAJES	100%	71%	7%	8%	15%

En el sector ESTE, de 31 familias visitadas 22 se encuentran aplicando el Método SODIS.

En el sector OESTE, de 23 familias visitadas 17 de ellas aplican el Método SODIS.

En el sector NORTE, de 28 familias visitadas 20 se encuentran aplicando el Método SODIS.

En el sector SUR, de 20 familias visitadas 13 están aplicando el Método SODIS.

En las visitas se observó que 20 familias que no asistieron a las capacitaciones, utilizan el Método SODIS en una forma adecuada.

En total de las 102 familias que habitan el caserío Cerro Partido, 72 familias se encuentran aplicando el Método SODIS.

5.10 CÁLCULO DE PORCENTAJE DE FAMILIAS QUE APLICAN EL MÉTODO SODIS.

FÓRMULA :

$$P(E) = \frac{m(E)}{n(S)} = \frac{\text{Casos favorables al suceso E}}{\text{Casos igualmente posibles}}$$

a) X= PORCENTAJE FAMILIAS QUE FUERON CAPACITADAS Y QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO.

P(x) = Probabilidad de que una familia capacitada utilice el método SODIS en el caserío Cerro Partido.

$$P(x) = \frac{\text{Nº de familias capacitadas que utilizan el método SODIS}}{\text{Nº de familias capacitadas sobre el método SODIS}}$$

$$P(x) = \frac{52}{71}$$

$$P(x) = 0.7324 \text{ Aproximado al cuarto dígito}$$

X= 73.24 % es el porcentaje de las familias que fueron capacitadas que utilizan el Método SODIS en el caserío Cerro Partido.

En segundo lugar se determinó el Porcentaje de familias que no fueron capacitadas y que utilizan el método SODIS en el caserío Cerro Partido:

b) Y = PORCENTAJE FAMILIAS QUE NO FUERON CAPACITADAS Y QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO.

P(Y) = Probabilidad de que una familia que no fué capacitada utilice el método SODIS en el caserío Cerro Partido.

$P(Y) = \frac{\text{Nº de familias que no fueron capacitadas y que utilizan el método SODIS}}{\text{Nº de familias que no fueron capacitadas sobre el método SODIS}}$

$$P(Y) = \frac{20}{31}$$

$P(Y) = 0.6452$ Aproximado al cuarto dígito

Y = 64.52 % es el Porcentaje de las familias que no fueron capacitadas y que utilizan el Método SODIS en el caserío Cerro Partido.

En tercer lugar se determinó la Proporción Poblacional de las familias que utilizan el método SODIS en el caserío Cerro Partido:

**c) Z = PORCENTAJE DE FAMILIAS QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN
EL CASERÍO CERRO PARTIDO**

**P(z) = Probabilidad de que una familia utilice el método SODIS
en el caserío Cerro Partido.**

$$P(z) = \frac{\text{Nº de familias que utilizan el método SODIS en el caserío Cerro Partido}}{\text{Nº de familias que habitan el caserío Cerro Partido}}$$

$$P(z) = \frac{72}{102}$$

$$P(z) = 0.7059 \text{ Aproximado al cuarto dígito}$$

**Z = 70.59 % es el Porcentaje de las familias que utilizan el Método
SODIS en el caserío Cerro Partido.**

En la Figura N° 27 se observa que un 73% de las personas capacitadas están utilizando el método SODIS para desinfectar el agua que consumen.

Un 27% no, ya sea porque utilizan otro método de desinfección o no utilizan alguno.

En la Figura N° 28 se observa que un 65% de las personas que no asistieron a las capacitaciones están aplicando el método SODIS, este resultado indica una buena

difusión del método ya que esto indica que las personas capacitadas fueron entes multiplicadores del método. Un 35% de las personas no capacitadas no aplican el método.

En la Figura N° 29 se observa que el 71% de la población del caserío Cerro Partido está aplicando el método SODIS para desinfectar el agua que beben, este resultado indica que hubo una buena aceptación del Método SODIS ya que al comenzar el trabajo solamente una persona tenía conocimiento de SODIS y lo aplicaba de una forma incorrecta. Un 29% de la población utiliza otro método de desinfección o no utiliza algún método para desinfectar el agua.

En general, las familias que se encuentran aplicando el Método SODIS tomaron conciencia de la importancia de consumir un agua de buena calidad.

.

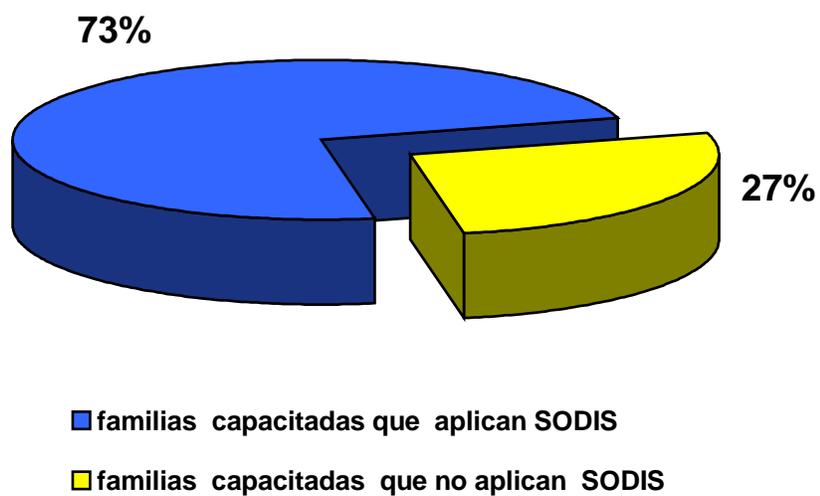


FIGURA No 27 . PORCENTAJE DE FAMILIAS CAPACITADAS QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO.

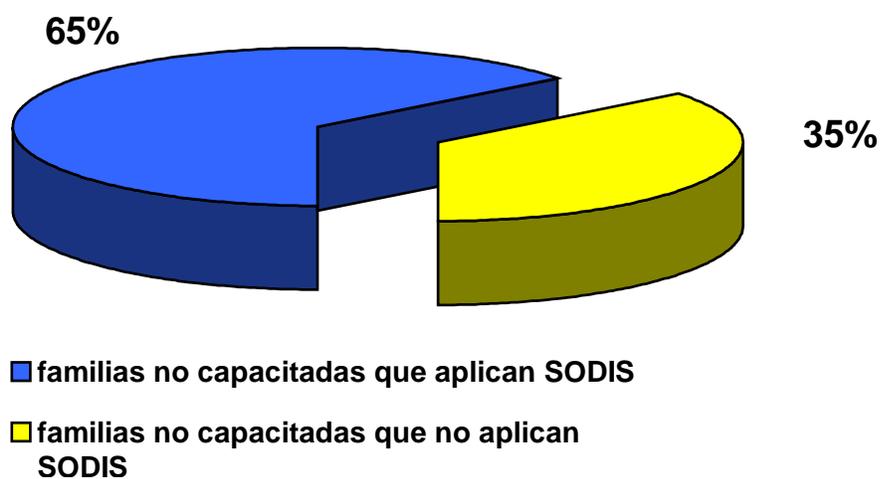


FIGURA No 28. PORCENTAJE DE FAMILIAS NO CAPACITADAS Y QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO.

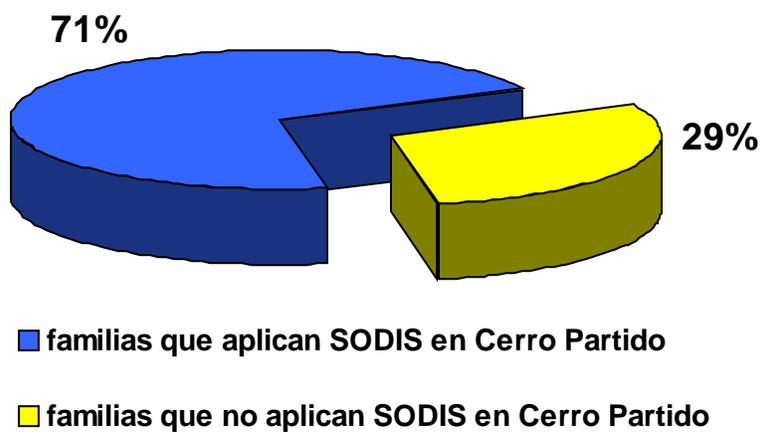


FIGURA No 29. PORCENTAJE DE FAMILIAS QUE UTILIZAN EL MÉTODO SODIS EN EL CASERÍO CERRO PARTIDO.

VI. CONCLUSIONES.

1. La contaminación del agua está relacionada con la proximidad de las letrinas a los pozos (3 a 8 mt. de distancia aproximadamente, arriba o al lado) y además los restos de basura alrededor de ellos, lo que está contribuyendo a la alta contaminación.
2. Los altos niveles de *Escherichia coli* en el agua de pozo cruda, indican que existe una contaminación de origen fecal reciente que está incidiendo en la salud de los usuarios.
3. El agua de los 15 pozos muestreados no es apta para el consumo humano porque los valores de *Escherichia coli* son mayores que el límite máximo permisible establecido por la NSO 13.07.01.97.

El agua de 11 de los 15 pozos a los que se le aplicó el Método SODIS cumplen con el límite máximo permisible para la *Escherichia coli* establecidos por la NSO 13.07.01:97.
4. El 70.59% de las familias del caserío Cerro Partido utilizan el Método SODIS para desinfectar el agua que consumen, éste alto porcentaje refleja el nivel de aceptación del método y concientización sobre mejorar la calidad del agua, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales transmitida por el agua y mejorando así su calidad de vida.
5. La difusión y aplicación del Método SODIS logró impactar a los pobladores del caserío Cerro Partido, de manera que el 64.52% de familias que no fueron capacitadas actualmente están aplicando el Método SODIS.

VII. RECOMENDACIONES

1. A los pobladores del caserío Cerro Partido continuar aplicando el Método SODIS para desinfectar el agua que consumen, de esta manera reducen el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales ocasionadas por el agua.
2. A la Junta Directiva del caserío Cerro Partido, concienciar a las personas para que reubiquen los pozos que se encuentran cerca de las letrinas; al mismo tiempo gestionar un proyecto de reubicación de pozos en conjunto con la alcaldía del Paraíso, Chalatenango.
3. A las ONG'S que están relacionadas con el recurso agua y al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), en coordinación con sus promotores para Recolectar muestras; realicen análisis de plaguicidas y metales pesados en el agua que consumen los pobladores del caserío Cerro Partido.
4. A los pobladores que aplican el Método SODIS cuidar las botellas plásticas, evitar su rápido deterioro, así como las botellas rayadas y deterioradas, éstas deben enterrarse y no quemarse.
5. A los pobladores que aplican el método SODIS almacenar el agua en las mismas botellas y consumirla en un período no mayor de 3 días, utilizando una taza o vaso limpios para evitar la contaminación secundaria.
6. A los promotores de salud de la ONG PRO-VIDA, dar seguimiento a las familias del caserío Cerro Partido que aplican y no aplican el Método SODIS de manera que mejoren su calidad de vida.

7. Al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), difunda el Método SODIS a través de los promotores de salud en las Unidades de Salud a nivel Nacional.
8. Al Ministerio de Educación (MINED), incluya en su programa de estudio desde primaria hasta bachillerato el Método SODIS.

BIBLIOGRAFÍA

1. Argueta Amaya, GD. 1991 Diagnóstico de la contaminación fecal en acueductos de ocho comunidades rurales del departamento de La Libertad, comprendido de Febrero a Julio de 1991. Trabajo de Graduación Lic. Universidad de El Salvador ,San Salvador, El Salvador, 95 p.
2. Aquino, EA. 2000. Análisis de agua de pozos en la Paz y San Vicente afectados por la tormenta tropical Mitch. Trabajo de Graduación Lic. Universidad de El Salvador ,San Salvador. El Salvador. 164 p.
3. Bermudez Recinos, JM. 1996. Detección de bacterias coliformes en el agua y hielo en ocho plantas industriales del área metropolitana. Trabajo de Graduación Lic. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 79 p.
4. Bonilla , G. 1991. Estadística. Elementos de estadística descriptiva y probabilidad. 4ª Ed. SanSalvador, El Salvador. Talleres Gráficos UCA. p. 157-161.
5. Bonilla, G. 1995. Estadística II. Métodos prácticos de inferencia estadística. 2ª Ed. San Salvador, El Salvador. Talleres Gráficos UCA. p. 18-19.

6. Centro para la Defensa del Consumidor. 1994. Investigación de la calidad del agua de beber distribuida por ANDA en San Salvador. Consumo análisis. El Salvador. p. 12-23.
7. Centro para la Defensa del Consumidor. 1995. Investigación de la calidad del agua de beber distribuida por ANDA en San Salvador. Consumo-derecho. El Salvador. p. 12-14-18.
8. CONACYT (Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología). 1999. Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable.adaptado de la Guía para la Calidad del Agua Potable de la OMS. 30 p.
9. De San Martín, H. 1992. Ecología Humana, Salud y Enfermedad. 2ª Ed. México. Ediciones Científicas. p. 135-141.
10. García, M. 1985. Aspectos Sanitarios del Estudio de las agua. España. Impreso en España. p. 15-19.
11. HACH Company. 1998. Pocket Turbidimeter Model 2100P. Instruction Manual. E.E.U.U. 80 p.
12. HACH Company. 2000. Sension1 Portable pH Meter. Instruction Manual. E.E.U.U. 40 p.

13. HACH Company. 2001. Model 51910 Platinum Series pH Electrode. Instruction Manual. 52 p.
14. Mc Junkin, F. E. 1982. Agua y Salud Humana. México. Editorial Limusa S. A. De C. V. p. 21-31, 116-118, 173-182.
15. Meierhofer, R. y otros. 2003. Guía de aplicación: Desinfección solar del agua. Lima, Perú. Indeart S. A. de C. V. 90 p.
16. Meierhofer, R. y otros. 2002. Solar water disinfection a guide for the application of SODIS. Duebendorf, Switzerland. SANDEC. 69 p.
17. Membreño, T. 2004. Desinfección del agua a través de rayos solares, SODIS una alternativa en el área rural. La Prensa Gráfica, San Salvador, ESA. Nov. 17. p. 82.
18. Merino, R.A. 1988. Estudio de la Calidad del Agua Potable en los Acueductos Rurales de Zona Occidental de El Salvador. Universidad Politécnica de El Salvador.
19. MILLIPORE CORPORATION. 1995. Manual Millipore, análisis de agua. Madrid. España. Escobar & Cruz. 41 p.

20. MILLIPORE CORPORATION. 2000. Manual Millipore, análisis microbiológico. Madrid, España. RAIZ Técnicas Gráficas. 43 p.
21. OMS (Organización Mundial de la Salud)/ OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1995. Guías para la Calidad del Agua Potable. V. 2, p. 3-6, 293-294. V. 3, p. 5, 119.
22. OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la Calidad del Agua Potable. 2ª Ed. V. 1, p. 55. V. 3, p. 63, 69- 70, 85.
23. OPS (Organización Panamericana de la Salud, PER). 1983. Métodos simplificados de análisis microbiológicos de aguas residuales. Publicaciones OMS. 143 p.
24. <http://edmund2.hiof.no/lebanon/14/solar-water/unesco>
25. <http://fundacionsodis.org>
26. <http://www.sodis.ch>
27. <http://www.cesta-foe.org>
28. <http://www.wateryear2003.org>
29. <http://k12science.ati.stevens-tech.edu>

ANEXOS

ANEXO N° 1



**ASOCIACIÓN SALVADOREÑA DE AYUDA HUMANITARIA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE AGUA**

HOJA DE CONTROL DE TOMA DE MUESTRA

REFERENCIA DE MUESTRA:	
FECHA:	HORA DE TOMA:
COMUNIDAD:	
DIRECCIÓN EXACTA:	
PUNTO DE MUESTREO:	
PROMOTOR:	
RECOLECTOR DE MUESTRA:	
TIPO DE FUENTE:	
RÍO	MANANTIAL
POZO CON BOMBA	POZO SIN BOMBA
CAPTACIÓN	TUBERÍA
OTROS:	
CLASE DE AGUA:	
AGUA NATURAL: (CRUDA O SIN ALGÚN TRATAMIENTO) SODIS,	AGUA TRATADA: (CON CLORO, MÉTODO PURIAGUA) CLORO RESIDUAL:
OBSERVACIONES:	
CHARCOS CERCA DE LA FUENTE:	
ANIMALES CERCA DE LA FUENTE:	
DISTANCIA APROXIMADA DE LA LETRINA MAS CERCANA:	
OTROS:	
TIPO DE ANÁLISIS SOLICITADO:	FÍSICO QUÍMICO
OTROS:	BACTERIOLÓGICO
FECHA Y HORA DE ENTREGA EN LABORATORIO:	
NOMBRE Y FIRMA DE QUIEN RECIBE EN LABORATORIO:	
OBSERVACIONES DEL LABORATORIO:	

FIGURA N° 3. HOJA DE CONTROL DE MUESTRA.

ANEXO N° 2.



FIGURA N° 4. EQUIPO DE FILTRACIÓN DE MEMBRANA MICROFILM DE MILLIPORE UTILIZADO PARA EL ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

ANEXO N° 3.

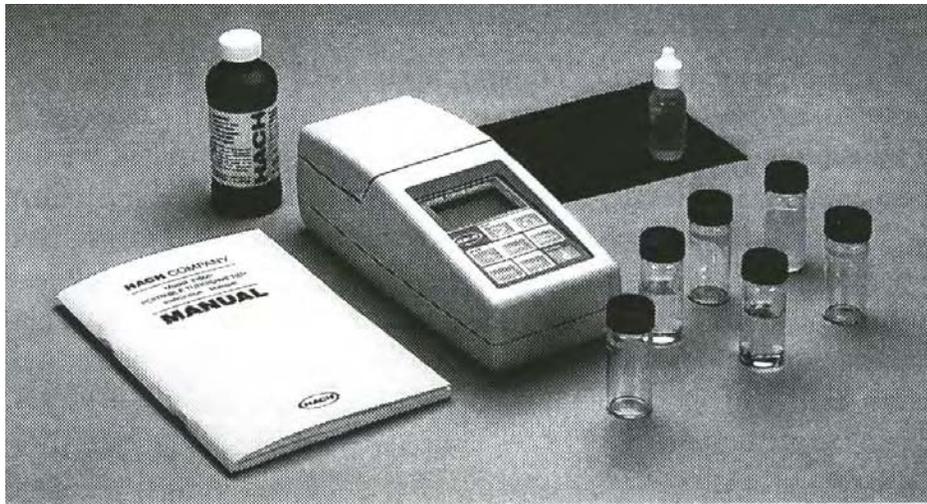


FIGURA N° 5. TURBIDÍMETRO PORTÁTIL HACH MODELO 2100P.

ANEXO N° 4.



FIGURA N° 6. pH METRO HACH sensION1 CON ELECTRODO MODELO 51910.

ANEXO N° 5.

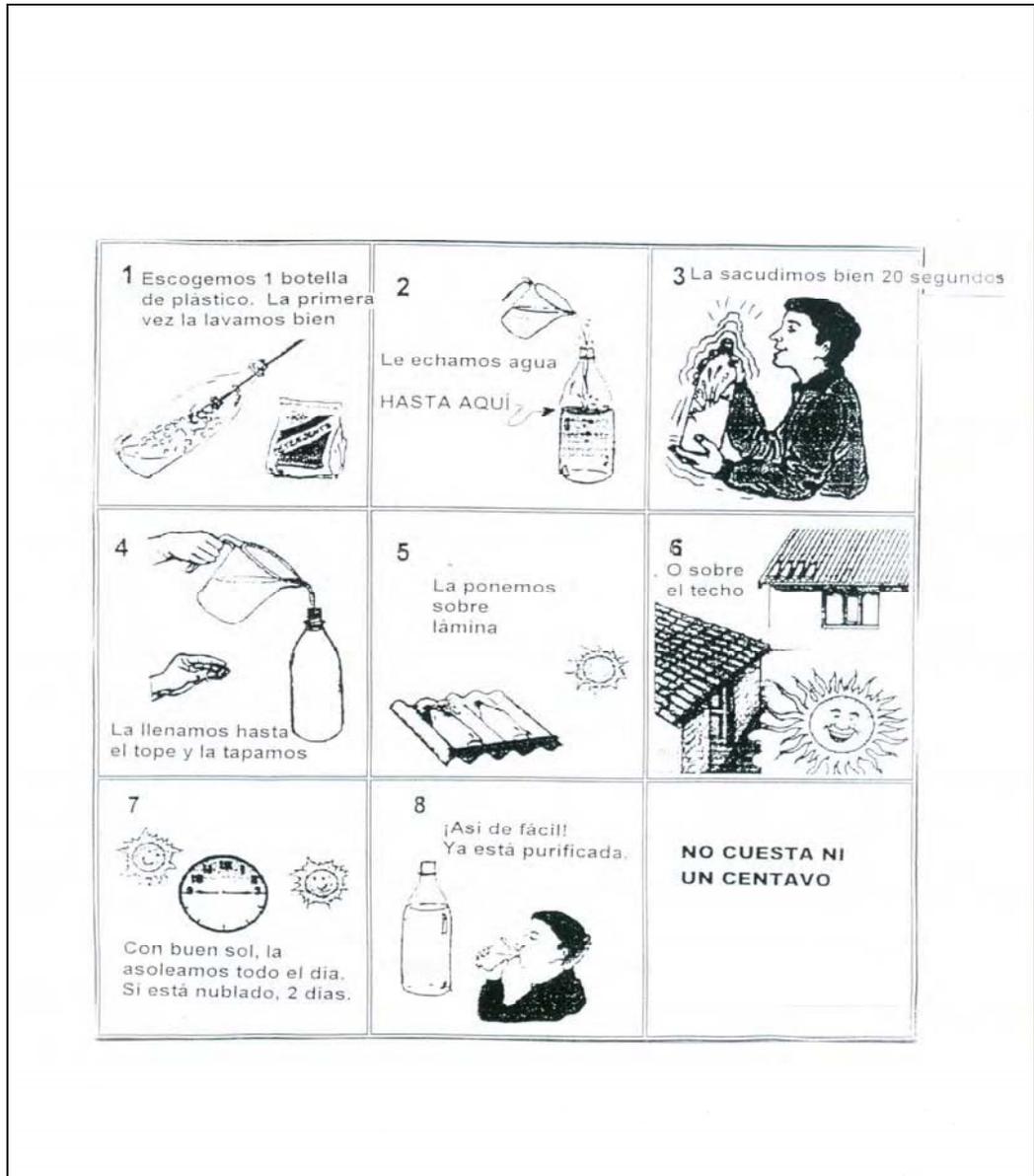


FIGURA N° 7. PASOS PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO SODIS.

FICHA FAMILIAR

Comunidad: _____ Institución ejecutora: _____

Jefe de familia: _____ Facilitador@ _____

Número de miembros de la familia: _____ Visitador@ _____

Observaciones		1		2		3		4		5		6		7		T O T A L
																
		¿Están limpios los recipientes para recolectar y almacenar el agua para tomar?		¿Está tratada el agua para tomar?		¿Están tapados los recipientes del agua para tomar?		¿Está limpio el lugar donde mantiene el agua para tomar?		¿Mantienen el agua para tomar en un lugar elevado?		¿Sirven el agua para tomar inclinando el recipiente o directamente del chorro?		¿Están limpios los vasos o las tazas para tomar el agua?		
Fecha	Resultado	😊	☹️	😊	☹️	😊	☹️	😊	☹️	😊	☹️	😊	☹️	😊	☹️	😊
	Visita 1															
	Visita 2															
	Visita 3															
	Visita 4															
	Visita 5															
	Evaluación															

FIGURA N° 8. EJEMPLO DE FICHA FAMILIAR.

ANEXO N° 7.

CUADRO N° 7. REQUISITOS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICOS.

VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES PARA CALIDAD

MICROBIOLOGICA SEGÚN NORMA SALVADOREÑA.

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE		
	TÉCNICA		
	FILTRACIÓN POR MEMBRANAS	TUBOS MÚLTIPLES	PLACA VERTIDA
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100 ml	< 1.1 NMP/100ML	
Bacterias coliformes fecales	0 UFC/100 ml	Negativo	
Escherichia coli	0 UFC/100 ml	Negativo	
Conteo de bacterias herótrofas, aerobias y mesófilas	0 UFC/100 ml max		100 UFC/ml
Organismos patógenos	AUSENCIA		

ANEXO N° 7.

CUADRO N° 8. REQUISITOS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS. VALORES PARA AGUA POTABLE SEGÚN NORMA SALVADOREÑA.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Color Aparente	-	NR	-
Color Verdadero	mg/l (Pt-Co)	-	15
Conductividad	µmho/cm a 25°C	500	1,600
Olor	N° de umbral de Olor	NR	3
pH	-	6.0- 8.5	-
Sabor	N° de umbral de sabor	NR	1
Sólidos totales disueltos	mg/l	300	600
Temperatura	°C	18 a 30	NR*
Turbiedad	UNT	1	5

ANEXO N° 8.

CUADRO N° 9. CALIDAD DEL AGUA SEGÚN OXÍGENO DISUELTO. (29)

<u>Nivel de OD</u> (mg/L)	<u>Calidad del Agua</u>
0,0 - 4,0	Mala Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 +	Repita la prueba El agua puede airearse artificialmente.

ANEXO No 9.

CUADRO N° 10. EJEMPLO DE ESQUEMA DE CLASIFICACIÓN Y ASIGNACIÓN DE COLORES PARA LOS COLIFORMES TERMOTOLERANTES (FECALES) O *ESCHERICHIA COLI* EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA. (21)

RECuento POR 100 ml	CATEGORÍA Y COLOR ASIGNADO	OBSERVACIONES
0	A (azul)	De conformidad con las directrices de la OMS
1-10	B (verde)	Poco riesgo
10-100	C (amarillo)	Riesgo mediano
100-1000	D (anaranjado)	Alto riesgo
>1000	E (rojo)	Riesgo muy alto

ANEXO N° 10. MATERIALES.

MATERIAL PARA CAPACITACIONES.

71 Botellas plasticas transparentes de bebida gaseosa.

18 Cuadernos espiral N° 10.

2 Cajas de colores.

2 Cajas de crayolas

Hojas volantes.

3 Marcadores resistentes al agua

12 Pliegos de papel de empaque

1 Rotafolio

MATERIAL PARA VISITAS.

1 Afiche

102 hojas volantes.

102 fichas familiares.

MATERIAL PARA LABORATORIO

1 Beacker de 100mL.

1 Beacker de 250mL.

1 Beacker de 1000mL.

15 Bolsas Whirl Pak Millipore de 120 mL. vacías.

15 Botellas de 100 mL. de polietileno.

1 Caja de filtros de membrana esterilizada Millipore de 0.45µm.

1 Caja de Kleenex.

Encendedor

Fósforos.

Gabacha.

Gorro.

Guantes.

2 Hieleras

1 Libreta de notas.

Mascarillas.

1 Mechero.

Papel toalla.

1 Pinza con bordes viselados.

2 Piceta.

1 Termómetro.

REACTIVOS.

Agua destilada

Alcohol Etilico

Alcohol Isopropílico

Hielo

32 placas Petrifilm 3M *Escherichia coli* y coliformes.