

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
UNIDAD DE POSGRADO**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN AGRONOMÍA TROPICAL  
SOSTENIBLE**



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA QUE  
ABASTECE A CUATRO COMUNIDADES DEL CANTÓN EL  
ALMENDRO DEL MUNICIPIO DE JUCUARAN, USULUTAN**

**Por:**

**CECILIA HAYDEE GALLARDO CARPIO**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de:  
Maestra en Ciencias  
en Agricultura Sostenible**

**San Salvador, EL Salvador, Centro América, 2009**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

**ING. AGR. M. Sc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ**

**SECRETARIO GENERAL:**

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**DECANO:**

**DR. REYNALDO ADALBERTO LOPEZ LANDAVERDE**

**SECRETARIO:**

**ING. AGR. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité de Tesis indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**Maestra en Ciencias en  
Agricultura Sostenible**

**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2009**

**Comité de Tesis**

---

**Ing. M. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez**  
**Profesor Consejero**

---

**Ing. M. Sc. Luís Fernando Castaneda Romero**  
**Miembro del Comité de Tesis**

---

**Lic. M. Sc. Norma Esthela Molina Velásquez**  
**Miembro del Comité de Tesis**

---

**Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia**  
**Coordinador de la Unidad de Posgrado**

## DEDICATORIAS

A MI ESPOSO LIC. RAÚL ALFREDO VELÁSQUEZ, POR SU AMOR, POR SER PARTE DE MI VIDA Y ESTAR SIEMPRE CONMIGO APOYÁNDOME Y COMPARTIENDO MIS TRISTEZAS Y ALEGRÍAS.

A MIS HIJAS ALESSSANDRA Y ARIANNE, POR SER PARTE DE MI DE MI VIDA, POR SU AMOR, COMPRENSIÓN Y APOYO.

A MI MADRE MARIA CECILIA POR ESTAR CONMIGO INCONDICIONALMENTE, GRACIAS PORQUE SIN ELLA Y SUS ENSEÑANZAS NO ESTARÍA AQUÍ NI SERÍA QUIEN SOY AHORA.

A MI PADRE JUAN LUIS QUE AUNQUE NO ESTÁ PRESENTE, ESTARÍA ORGULLOSO.

A MIS HERMANOS: LIC ISONIA RAQUEL e ING AGR JUAN LUÍS, POR SU AMOR, POR SUS CONSEJOS Y APOYO.

GRACIAS

GRACIAS POR AYUDARME A LOGRARLO.

## **AGRADECIMIENTOS**

AGRADEZCO PRIMERAMENTE A DIOS POR SER MI MEJOR AMIGO, MI FORTALEZA, DARME TODO LO QUE TENGO Y NO DEJARME CAER NUNCA.

AL Ing. M. Sc. MARIO ANTONIO ORELLANA NÚÑEZ, POR ASESORARME A LO LARGO DE LA TESIS Y ACOMPAÑARME EN ESTE CAMINO QUE HOY CULMINA EN EL PRESENTE PROYECTO, POR COMPARTIR SU CONOCIMIENTO CONMIGO

A M. Sc. NORMA ESTHELA MOLINA, AMIGA Y COMPAÑERA; POR SU AMISTAD, AYUDA Y ORIENTACIÓN BRINDADA EN LA REALIZACIÓN DE LA TESIS.

AL Ing. M. Sc. FERNANDO CASTANEDA, POR AYUDARME A LO LARGO DE LA TESIS DESINTERESADAMENTE Y BRINDARME SU AMISTAD.

AL COORDINADOR DEL PROGRAMA DEL POSGRADO Ing. M. Sc. . EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA, POR SU TIEMPO BRINDADO EN LA PRESENTACIÓN DE LA TESIS.

A Lic. ODETTE RAUDA ACEVEDO, AMIGA Y COMPAÑERA, POR SU APOYO INCONDICIONAL EN LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO

Y A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE EN UNA FORMA DIRECTA E INDIRECTA COLABORARON CON LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

GRACIAS POR AYUDARME A LOGRARLO.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Resumen	12
Abstrac	14
<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>2.0 OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
<b>3.0 HIPÓTESIS</b>	<b>18</b>
<b>4.0 REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>19</b>
<b>4.1. Generalidades del agua</b>	<b>19</b>
<b>4.2. Calidad del agua</b>	<b>20</b>
<b>4.3. Parámetros de calidad del agua</b>	<b>21</b>
<b>4.3.1. Parámetros Físicos</b>	<b>21</b>
<b>4.3.1.1. Sabor y Olor</b>	<b>21</b>
<b>4.3.1.2. Color</b>	<b>22</b>
<b>4.3.1.3. Conductividad Eléctrica</b>	<b>23</b>
<b>4.3.1.4. Sólidos Disueltos</b>	<b>24</b>
<b>4.3.1.5. Sólidos en Suspensión</b>	<b>24</b>
<b>4.3.1.6. Sólidos Totales Disueltos</b>	<b>25</b>
<b>4.3.1.7. Turbidez</b>	<b>25</b>
<b>4.4. Parámetros Químicos</b>	<b>26</b>
<b>4.4.1. Potencia de Hidrógeno</b>	<b>26</b>
<b>4.4.2. Dureza</b>	<b>26</b>
<b>4.4.3. Alcalinidad</b>	<b>27</b>
<b>4.4.4. Cloruros</b>	<b>28</b>
<b>4.4.5. Sulfatos</b>	<b>29</b>
<b>4.4.6. Fosfatos</b>	<b>30</b>
<b>4.4.7. Hierro</b>	<b>30</b>
<b>4.4.8. Manganeseo</b>	<b>31</b>
<b>4.4.9. Nitratos</b>	<b>31</b>
<b>4.4.10. Oxígeno Disueltos</b>	<b>32</b>

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>4.5. Calidad Microbiológica del Agua</b>	<b>32</b>
<b>4.5.1. Grupo Coliformes</b>	<b>33</b>
<b>4.5.2. Coliformes Fecales</b>	<b>33</b>
<b>4.5.3. <i>Escherichia coli</i></b>	<b>34</b>
<b>4.5.4. Bacterias Heterotrofas</b>	<b>34</b>
<b>4.6. Contaminación del Agua</b>	<b>35</b>
<b>4.6.1. Microorganismos patógenos</b>	<b>35</b>
<b>4.6.2. Desechos Orgánicos</b>	<b>36</b>
<b>4.6.3. Sustancias Químicas Inorgánicas</b>	<b>36</b>
<b>4.6.4. Nutrientes Vegetales Inorgánicos</b>	<b>37</b>
<b>4.6.5. Compuestos Orgánicos e Inorgánicos</b>	<b>37</b>
<b>4.6.6. Sedimentos y Materiales suspendidos</b>	<b>37</b>
<b>4.7. Recurso agua en El Salvador</b>	<b>37</b>
<b>4.8. Agua y Desarrollo</b>	<b>38</b>
<b>5.0. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>41</b>
<b>5.1. Ubicación del área de estudio</b>	<b>42</b>
<b>5.2. Descripción de metodología</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1. Fase de campo</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1.2. Muestreo</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1.3. Recolección de muestras de agua</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1.4. Identificación de las muestras</b>	<b>42</b>
<b>5.3. Fase de Laboratorio</b>	<b>43</b>
<b>5.3.1. Procedimiento para análisis físico químico</b>	<b>43</b>
<b>5.3.2. Toma muestra para análisis físico químico</b>	<b>43</b>
<b>5.3.3. Parámetros Físicoquímicos</b>	<b>43</b>
<b>5.3.3.1. Alcalinidad ( Método de Titulación ) Equipó fotómetro SQ 118</b>	<b>43</b>
<b>5.3.3.2. Cloruros ( Método fotométrico), Equipo fotómetro SQ 118</b>	<b>44</b>
<b>5.3.3.3. Conductividad Eléctrica</b>	<b>44</b>
<b>5.3.3.4. Dureza</b>	<b>44</b>
<b>5.3.3.5. Fosfato</b>	<b>45</b>

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
5.3.3.6. Hierro	45
5.3.3.7. Manganeso	45
5.3.3.8. Nitratos	45
5.3.3.9. Oxígeno Disuelto	46
5.3.3.10. Potencial de Hidrógeno	46
5.3.3.11. Determinación de sólidos totales	46
5.3.3.12. Sulfatos	47
5.3.3.13. Turbidez	47
5.4. Procedimiento para análisis bacteriológico	47
5.5. Toma de muestra análisis microbiológico	48
5.6. Parámetros bacteriológicos	48
5.7. Método de Análisis Fermentación de Tubos Múltiples	48
5.8. Prueba Coliformes Totales	49
5.9. Prueba Coniformes Fecales	49
5.10. Prueba para <i>Escherichia coli</i>	49
5.11. Recuento de Heterótrofas	50
5.12. Calidad del agua	50
6.0. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
7.0. CONCLUSIONES	81
8.0. RECOMENDACIONES	83
9.0. BIBLIOGRAFIA	85
10.0. ANEXOS	87



## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Distribución del número de muestras a tomar del total de familia En cada comunidad del cantón El Almendro y las diferentes fuentes de suministro.	<b>42</b>

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Composición por grupo familiar	<b>51</b>
<b>Figura 2.</b> Población en porcentajes de familias por sexo	<b>52</b>
<b>Figura 3.</b> Nivel educativo y ocupación de la población	<b>53</b>
<b>Figura 4.</b> Porcentajes de familias por rangos de edad	<b>54</b>
<b>Figura 5.</b> Porcentajes de la población según el tiempo de residir	<b>55</b>
<b>Figura 6.</b> Porcentajes de tenencia de la vivienda por familia	<b>56</b>
<b>Figura 7.</b> Porcentajes de la población según el tipo de vivienda	<b>56</b>
<b>Figura 8.</b> Materiales de construcción que predominan en las viviendas	<b>57</b>
<b>Figura 9.</b> Porcentajes del tipo de servicio sanitario en las viviendas	<b>59</b>
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de familias según el tipo de manejo de desechos sólidos	<b>59</b>
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de familias según cantidad de agua utilizada por día	<b>60</b>
<b>Figura 12.</b> Diferentes fuentes de ingreso y el porcentaje	<b>61</b>
<b>Figura 13.</b> Porcentajes de el uso del suelo en los cultivos	<b>63</b>
<b>Figura 14.</b> Porcentajes del tipo de semilla	<b>63</b>
<b>Figura 15.</b> Porcentajes de fertilizantes usados por los agricultores	<b>64</b>
<b>Figura 16.</b> Agroquímicos utilizados por los agricultores	<b>65</b>
<b>Figura 17.</b> Porcentajes del tipo de herbicidas,	<b>65</b>
<b>Figura 18.</b> Porcentajes de familias que cosechan productos agrícolas	<b>66</b>
<b>Figura 19.</b> Forma en que las familias de las comunidades comercializan sus productos.	<b>67</b>
<b>Figura 20.</b> Porcentaje del nivel tecnológico	<b>68</b>
<b>Figura 21.</b> Porcentajes de enfermedades más frecuentes en Las cuatro Comunidades	<b>69</b>
<b>Figura 22.</b> Resultados de; Coliformes totales, Coliformes fecales y <i>Escherichia coli</i>	<b>70</b>
<b>Figura 23.</b> Resultados del Recuento de Bacterias Heterótrofas	<b>72</b>
<b>Figura 24.</b> Parámetros físicos : pH, Conductividad, turbidez, color y olor	<b>73</b>
<b>Figura 25.</b> Resultados de alcalinidad, cloruros, dureza, fósforo, hierro,	<b>75</b>
<b>Figura 26.</b> Resultados de manganeso, nitratos, oxígeno disuelto, sólidos total disueltos y sulfatos.	<b>77</b>

## INDICE DE ANEXOS

1. Mapa de ubicación de Jucuaran	87
2. Mapa de Sitios de Muestreo de las cuatro comunidades del cantón El Almendro, municipio de Jucuaran	87
3. Encuesta	88
4. Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad del agua potable requisitos de calidad microbiológica . NSO 13. 07.01:99 (CONACYT)	98
5. Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad del agua potable, requisitos de calidad físico-químicos NSO 13. 07.01:99 (CONACYT)	99
6. Tablas del Número Más Probable (NMP)	100
7. Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento de las Cuatro comunidades del cantón El Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután	102
8. Límites permisibles de Calidad de Agua para aguas crudas superficiales (OMS).	114
9. Socialización en las comunidades ( exposición a líderes comunales)	115
10. Exposición de resultados	115
11. Socialización con participante	116
12. Líderes comunales de las diferentes comunidades	116
13. Etiqueta utilizada	117
14. Variables sociales, económicas, ambientales	118

Gallardo Carpio, CH 2009. Determinación de la calidad del agua que abastece a cuatro comunidades del cantón el Almendro del municipio de Jucuaran Usulután.

Tesis de Maestra en Ciencias. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Palabras claves: Agua de consumo humano, comunidades, calidad físico química y microbiológica del agua.

### **RESUMEN**

El estudio se inició en junio del 2006 y finalizó en noviembre del 2006. Se realizó en dos fases: Época lluviosa y época seca.

Se encuestó a los pobladores de las comunidades para recolectar información de variables sociales, económicas, ambientales, agua y salud.

La parte práctica comprendió la recolección de las muestras y realización de análisis físico químico y microbiológico.

En la realización del análisis fisicoquímico los parámetros determinados fueron: Alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad, hierro total, manganeso, fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, sulfatos.

Y en el análisis microbiológico se determinó el NMP (número más probable) de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, conteo de bacterias heterótrofas.

Los análisis se realizaron a un total de 100 muestras, distribuidas en época lluviosa y época seca de junio a noviembre del 2006.

Los análisis se realizaron en los Laboratorios de Aguas y de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

El objetivo general de la investigación: Contribuir en las comunidades El Almendro, Espíritu Santo, Cabaña y Plantel en la búsqueda de soluciones para mejorar la Calidad de vida de sus pobladores.

Con la realización de este trabajo se comprobó que el agua de que se abastecen las cuatro comunidades presentaron contaminación bacteriológica y un grado mínimo de contaminación físico química.

Durante la época lluviosa los niveles de alcalinidad, dureza, cloruros, conductividad, hierro total, manganeso, fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, sulfatos fueron mayores sus comportamientos en los valores medios, con respecto a la época seca. La turbidez en la comunidad el Almendro y Plantel sobrepasaron los valores máximos permisibles por la Norma Oficial Salvadoreña NOS 13.07.01.99, los valores de fosfatos en las cuatro comunidades en época lluviosa y seca y el oxígeno disuelto en la comunidad El Almendro en época lluviosa.

Durante la época lluviosa los valores de NMP ( número mas probable) de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* fueron mayores a los límites máximos establecidos por la Norma Oficial Salvadoreña con relación a los valores medios a la época seca.

Con los diferentes análisis se detectó la contaminación en los lugares muestreados y con las visitas de campo las posibles fuentes de contaminación en las cuatro comunidades, se determinaron las medidas que se puedan aplicar para prevenir los daños en el medio ambiente y principalmente en la salud de las personas. Además se aportaron elementos técnicos de gran utilidad para que las comunidades las retomen y realicen actividades que ayuden a mejorar su calidad de vida.

Gallardo Carpio, CH 2009. Determination of the quality of the water that supplies to four communities of the corner the Almond tree of the municipality of Jucuaran Usulután. Thesis of Teacher in Sciences. University of El Salvador, Faculty of Agronomic Sciences.

Key words: Water of human consumption, communities, chemical and microbiological physical quality of the water.

## SUMMARY

The study began in June of the 2006 and I finalize in November of the 2006. It was realized in two phases: Rainy time and dry time. It was survey to the settlers of the communities to collect information of variables social, economic, environmental, water and health. The practical part included/understood the harvesting of the samples and accomplishment of chemical and microbiological physical analysis. In the accomplishment of the physico-chemical analysis the certain parameters were: Alkalinity, hardness, chlorides, conductivity, total iron, manganese, phosphates, nitrates, I oxygenate dissolved, dissolved pHs, turbidity, total solids, sulphates. And in the microbiological analysis I determine the NMP (more probable number) of total coliforms, faecal coliforms, *Escherichia coli*, count of batteries heterótrofas. The analyses were realized to a total of 100 samples, distributed at rainy time and dry time of June to November of the 2006. The analyses were realized in the Laboratories of Waters and Microbiology of the Faculty of Chemistry and Pharmacy of the University of El Salvador. The general mission of the investigation: To contribute in the communities the Almond tree, Spirit Santo, Cabin and Establishment in the search of solutions to improve the Quality of life of its settlers. With the accomplishment of this work he verified himself that the water of which the four communities supply themselves presented/displayed bacteriological contamination and a minimum degree of chemical physical contamination. During the rainy time the levels of alkalinity, hardness, chlorides, conductivity, total iron, manganese, phosphates, nitrates, I oxygenate dissolved, dissolved pHs, turbidity, total solids, sulphates were majors its behaviors in the average values, with respect to the dry time. The turbidity in the community the Almond tree and Establishment exceeded the permissible maximum values by the Salvadoran Official Norm US 13.07.01.99 you will bleat, them of phosphates in the four communities at rainy time and dry and I oxygenate dissolved in the community the Almond tree at rainy time. During the rainy time the values of NMP (probable number but) of total coliforms, faecal

coliforms and *Escherichia coli* went majors to the maximum limits established by the Salvadoran Official Norm in relation to the average values to the dry time.

With the different analyses the contamination in the sampled places was detected and with the field visits the possible sources of contamination in the four communities, determined the measures that can be applied to mainly prevent the damages on the environment and in the health with the people. In addition technical elements were contributed very useful so that they retake them to the communities and they realize activities that help to improve their quality of life.

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural de gran importancia para la supervivencia de todo ser vivo, por lo que debe conservarse libre de contaminantes que afecten la salud de quienes la consumen. Entre los contaminantes están: Las bacterias patógenas y metales pesados que ocasionan enfermedades al ser humano; por lo cual es importante que el agua destinada al consumo humano y uso doméstico se encuentre potable (Romero Rojas, 1999).

La presente investigación se realizó en cuatro comunidades de la zona Norte del Municipio de Jucuaran, Usulután; los principales problemas de disponibilidad del agua son el desbaste, falta de potabilización, contaminación con desechos sólidos.

En la mayoría de comunidades, las familias se abastecen de agua que llega a las viviendas provenientes de nacimientos u otro tipo de fuentes naturales superficiales expuestas a la contaminación debido a la exposición y arrastre de partículas orgánicas e inorgánicas generadas por las comunidades convirtiéndose en un problema mas para los habitantes por no tener una agua de buena calidad y también uno de los principales medios de transmisión de enfermedades con alto impacto en términos de morbilidad y mortalidad. Como se reporta en el perfil epidemiológico de la unidad de salud del municipio de Jucuaran en el período de enero a agosto de 2004 en donde la primera causa de morbilidad es el parasitismo intestinal, relacionándolo directamente con la calidad del agua que consumen, principalmente en niños menores de cinco años (MSPAS. 2004).

Para evaluar la calidad del agua en las cuatro comunidades, se realizaron análisis físico químico y microbiológicos especificados por Normas Nacionales e Internacionales Organización Mundial de la Salud (OMS) para Agua Potable, los que indicaron el contenido actual de contaminantes; para luego comparar los resultados con las normas establecidas

Se comprobó que el agua de que se abastecen las comunidades presentó contaminación bacteriológica y un grado mínimo de contaminación fisico-química sobrepasando el límite los



valores encontrados de turbidez en las comunidades; El Almendro y El Plantel en época lluviosa que es debida a la variedad de materiales en suspensión que son arrastrados por las aguas lluvias, los valores de fosfato en época lluviosa sobrepasan el límite dado por la Norma Colombiana (0.2 mg/L) en las cuatro comunidades. Debido a la presencia de detergentes, y en época seca en las comunidades Espiritu Santo y la Cabaña.

Durante la época lluviosa los valores de NMP (número más probable) de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* fueron mayores a los límites máximos establecidos por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99) con relación a los valores medios a la época seca.

Con los diferentes análisis se detectó la contaminación en los lugares muestreados y con las visitas de campo, las posibles fuentes de contaminación en las cuatro comunidades.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Contribuir en las comunidades El Almendro, Espíritu Santo, La Cabaña y El Plantel, en la búsqueda de soluciones para mejorar la calidad de vida de sus pobladores.

### 2.2 Objetivos Específicos

- 2.2.1. Establecer la relación que existe entre la calidad de vida y el ambiente en las comunidades en estudio del Cantón el Almendro de la zona Norte del Municipio de Jucuaran.
- 2.2.2. Determinar la calidad del agua de consumo humano de acuerdo a la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01.99 para la calidad del agua potable.
- 2.2.3. Determinar si el agua que usa la población del cantón El Almendro es apta para el consumo humano.
- 2.2.4. Socializar las condiciones socioeconómicas y ambientales de las comunidades y la calidad de vida de los pobladores de la comunidad.

## 3. HIPÓTESIS

1. El agua que consumen las comunidades del Cantón El Almendro de Jucuaran no son aptas para consumo humano.
2. Existen factores sociales, ambientales y económicos que influyen en la calidad del agua de las comunidades del cantón El Almendro.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades del agua

El agua es un líquido transparente insípido e inodoro que resulta de la combinación de dos moléculas de hidrógeno por una de oxígeno, su fórmula es  $H_2O$ , que en estado puro es incoloro e insípido con un punto de congelación de  $0^{\circ}$  y su punto de ebullición es de  $100^{\circ}C$ . El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de  $4^{\circ}C$  y se expande al congelarse. Se puede considerar como un sistema ecológico en equilibrio que presenta un cierto número de propiedades físicas, químicas y biológicas estrechamente relacionadas, constituyendo la base de todas las comunidades vivas o habitadas (Romero Rojas, 1999).

La cantidad de agua que existe en el mundo no varía, sino que permanece aproximadamente constante. El 98% se encuentra en el mar y el 2% restante constituye el reservorio de agua dulce, que en su mayor parte forma hielo de los casquetes polares (CESTA, 2005).

Las disponibilidades de agua constituyen un factor fundamental para el desarrollo económico y la salud pública. Los abastecimientos de agua se consideran en todos los países como inversiones básicas de interés general, en el sentido que posibilitan actividades humanas e industriales directamente productivas que influyen directamente en la tasa de crecimiento económico (Jenkins, 2003).

Así también, el agua potable tiene una importancia mucho mayor para la salud, ya que evita numerosas enfermedades y la pérdida de gran número de horas de trabajo, entendiéndose como agua potable, el agua apta para consumo humano la cual debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que pueden producir efectos fisiológicos perjudiciales (Guinea, 1999).

La OMS calcula que alrededor de quinientos millones de personas al año contraen enfermedades incapacitantes transmitidas por el agua o relacionadas con ella, con 10 millones de defunciones, de las cuales aproximadamente el 50% ocurren en la población infantil (CESTA, 2005).

De acuerdo a las estimaciones del Banco Mundial, más de mil millones de habitantes en el mundo no tienen acceso a suministros de agua apta para el consumo y 1.700 carecen de saneamiento adecuado (USAID, 1999).

Según la OMS garantizar el suministro a esos mil millones de personas requeriría una inversión cinco veces superior a la que se destina a este fin actualmente, es decir unos 50.000 millones de dólares al año. El abastecimiento de agua urbano cuesta unos 105 dólares por persona y una media de 50 dólares en el medio rural (OMS, 1998).

## **4.2 Calidad del agua**

Como calidad de agua se entiende el estado del agua, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

- 1.- Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
- 2.- Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor) ( CONACYT, 1999 ).

La calidad de agua es determinada por mediciones de varias características físicas, químicas y biológicas. Los resultados usualmente son comparados con estándares o criterios de calidad. Hay diferentes criterios, dependiendo del uso esperado del agua; el agua que satisface los criterios para un uso particular no necesariamente cumplirá los criterios para otros usos (Romero Rojas, 1999).

El agua potable ya sea de superficie o subterránea es el agua, tratada y el agua no tratada por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes. A pesar que el criterio de potabilidad depende fundamentalmente del uso que se ha destinado (humano, industrial, agrícola) (Romero Rojas, 1999).

Los usos que puedan tener los recursos hídricos están determinados por la calidad del agua que ellos presentan. Así, de acuerdo a su calidad puede permitir un uso para potabilización,

para riego, para bebida animal. Lo que significa que, acorde a las características o propiedades físico químicas del cuerpo o masa de agua (Calidad), se le asociarán determinados usos. Por lo que es tan importante contar con agua no contaminada (WHO, 2003).

La calidad del agua es un concepto relativo y complejo, difícil de definir en términos absolutos puesto que se determina en función de usos específicos.

De esta forma, la calidad del agua puede definirse como: La capacidad de un cuerpo de agua para soportar apropiadamente usos benéficos, como los modos en que es utilizada el agua por humanos o vida silvestre; ya sea como bebida o hábitat (Guinea, 1999).

La manera más sencilla de estimar la calidad del agua consiste en la definición de valores o rangos para ciertas variables físicas, químicas o biológicas, que se consideran admisibles o deseables según el uso a que se destine. Corresponde al cumplimiento de determinados valores en función de distintos usos como los que se presentan en la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99) (Anexos 4 y 5).

### **4.3. Parámetros de calidad del agua**

#### 4.3.1. Parámetros Físicos

##### 4.3.1.1. Sabor y Olor

El sabor y olor del agua son determinaciones organolépticas subjetivas, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro ni unidades de medida, sin embargo el agua adquiere un sabor salado a partir de 300 ppm de cloro ( $\text{Cl}^-$ ) un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) libre le da un gusto picante. Trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un color y sabor desagradable (Romero Rojas, 1999).

Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materia orgánica en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones. Las sales o los minerales dan sabores salados o metálicos, en ocasiones sin ningún olor (APHA, 1996).

#### 4.3.1.2. Color

El agua de uso doméstico e industrial tiene como parámetro de aceptación de ser incolora, pero en la actualidad, gran cantidad del agua disponible se encuentran coloreadas y se tiene el problema de que no puede ser utilizada hasta que no se trata removiendo dicha coloración (APHA, 1996).

Las aguas superficiales pueden estar coloreadas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales. La presencia de hierro puede dar un color rojizo, y el manganeso un color negro (Romero Rojas, 1996).

El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina color aparente, una vez eliminado el material suspendido el color remanente se le conoce como Color Verdadero (APHA, 1996).

Para la determinación de color en el agua existen dos métodos: Por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas.

La unidad de medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1mg/L de platino en la forma de cloroplatinato. La proporción Pt-Co que se utiliza en este método es normalmente la adecuada para la mayoría de las muestras. El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario que al medir el color se reporte también el pH de la muestra. En caso necesario la muestra se centrifuga para eliminar la turbidez.

La comparación se realiza con soluciones que tengan colores de 5, 10 y hasta 70 unidades contenidas en tubos Nessler (APHA, 1996).

#### 4.3.1.3. Conductividad Eléctrica

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente

eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad valencia y concentración relativa así como de la temperatura de medición. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, y en su totalidad es el resultado del movimiento de los iones de las impurezas presentes. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad (APHA, 1996).

El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de estos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos (APHA, 1996).

Algunas sustancias se ionizan en forma más completa que otras y por lo mismo conducen mejor corriente. Cada ácido, base o sal tienen una curva característica de concentración contra conductividad. Son buenos conductores: los ácidos, bases y sales inorgánicas: HCl, NaOH, NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Son malos conductores las moléculas de sustancias orgánicas que por la naturaleza de sus enlaces son no iónicas: como la sacarosa, el benceno, los hidrocarburos, los carbohidratos. etc., estas sustancias, se ionizan en el agua y por lo tanto no conducen la corriente eléctrica. Un aumento en la temperatura, disminuye la viscosidad del agua y permite que los iones se muevan más rápidamente, conduciendo más electricidad. Este efecto de la temperatura es diferente para cada ión, pero típicamente para soluciones acuosas diluidas, la conductividad varía de 1 a 4% (Romero Rojas, 1999).

Límite máximo permitido de conductividad para agua potable según Norma Oficial Salvadoreña 1600 micromhos/cm (NSO 13.07.01.99).

#### 4.3.1.4. Sólidos Disueltos

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada que

corresponde al residuo seco con filtración previa.

El origen de los sólidos disueltos pueden ser, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales, aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm (APHA, 1996).

#### 4.3.1.5. Sólidos en Suspensión

Son materiales sólidos de tamaños superiores a una micra, independientemente de que la naturaleza sea orgánica o inorgánica. Gran parte de estos sólidos son atraídos por la gravedad terrestre, se mantienen en el agua debido a su naturaleza coloidal que viene dada por las pequeñas cargas eléctricas que poseen estas partículas que las hacen tener una cierta afinidad por las moléculas de agua.

Este tipo de sólidos como tales son difíciles de eliminar siendo necesaria la adición al agua de agentes coagulantes y floculantes que modifican la carga eléctrica de estas partículas consiguiendo que se agrupen en flóculos de mayor tamaño para así poder separarlos mediante filtración (Tyler, 1994).

Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero la superficial varía mucho en función del origen y las circunstancias de la captación. Se separan por filtración y decantación. Estos sólidos enturbian el agua, reducen la aptitud de algunos organismos para encontrar alimento, reducen la fotosíntesis hecha por plantas acuáticas, alteran las redes alimenticias acuáticas son un transporte de plaguicidas, bacterias y otras sustancias nocivas. El sedimento del fondo destruye los terrenos o sitios de alimentación de peces, obstruye y rellena a los lagos, estanques, la fuente principal es la erosión terrestre (Tyler, 1994).

#### 4.3.1.6. Sólidos Totales disueltos

Es la expresión que se aplica a los residuos de material que quedan en un recipiente después de la evaporación de una muestra y su consecutivo secado en estufa a temperatura definida.



Los sólidos totales incluyen los sólidos totales suspendidos o porción de sólidos totales retenidas por un filtro y sólidos disueltos totales o porción que atraviesa el filtro ( APHA, 1996).

Límite máximo permitido de sólidos totales disueltos para agua potable según Norma Oficial Salvadoreña 600 mg/L (NSO 13.07.01.99).

#### 4.3.1.6. Turbidez

Es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y adsorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra (Tyler, 1994).

La turbidez en el agua puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos, tanto orgánico como inorgánicos, plancton y otros organismos microscópicos. En el agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, material orgánico e inorgánico finamente dividida, plancton y otros organismos microscópicos (Tyler, 1994).

La medición de la turbidez, es una manera rápida que nos sirve para saber cuándo, cómo y hasta qué punto debemos tratar el agua para que cumpla con las especificaciones requeridas (APHA, 1996). El límite máximo permisible en el agua potable es de 5 NTU (Unidades de Turbidez Nefelométricas) Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

## 4.4 Parámetros Químico

### 4.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógenos. La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor que 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino (WHO, 2003).

El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5, son corrosivas, por el anhídrido carbónico disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO<sub>2</sub> formando un sistema tampón carbonato / bicarbonato.

Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido o básico (APHA, 1996). Límite máximo permitido para agua potable 6.5 -8.0 Uni pH establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### 4.4.2. Dureza

La dureza de las aguas se debe a la existencia de determinados cationes en solución, cuya acción sobre los cationes de sodio y potasio produce un precipitado, al reaccionar el jabón soluble con dichos cationes para formar un jabón insoluble. Esto inhibe la formación de espuma, capaz de englobar grasas, partículas de polvo, entorpeciendo la capacidad limpiadora del jabón, por lo que cuando se emplean aguas duras para lavar, es necesario gastar más jabón, ya que primero se disuelve se transforma en sal insoluble y precipita. Otra propiedad, es que las aguas que presentan cantidades grandes de los cationes reaccionan con los pectatos de las legumbres para formar pectatos insolubles, impidiendo su cocción, a la vez que por ebullición, pueden provocar depósitos incrustantes en los recipientes que los contienen. El agua debe tener una dureza comprendida entre 60 y 100 mg/L no siendo conveniente aguas de dureza inferiores a 40 mg/L por su acción corrosiva. Valor máximo aceptable de Dureza Total (CaCO<sub>3</sub>) 400 mg/L (Catalán, 1990).

Se ha demostrado que la dureza de las aguas tiene un efecto tampón sobre trazas de metales, disminuyendo su toxicidad. Igualmente la dureza disminuye el riesgo de las enfermedades cardiovasculares, y de otras enfermedades, debido a ciertos elementos presentes en el agua dura; mientras que las aguas blandas, con bajo pH, disuelven fácilmente altas concentraciones de cadmio, plomo, cobre, cinc los cuales pueden ser causa de algunas enfermedades (APHA 1996).

La mayoría de los suministros de agua potable tienen un promedio de 250 mg/L de dureza. niveles superiores a 500 mg/L son indeseables para uso domestico. La dureza es caracterizada comúnmente por el contenido de calcio y magnesio y expresada como carbonato de calcio equivalente.

Existen distintos tipos de dureza que esta determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, la cual puede ser eliminada por ebullición del agua y posterior eliminación de precipitados formados por filtración, que se conoce como dureza de carbonatos y la que está determinada por todas las sales de calcio y magnesio, excepto carbonatos y bicarbonatos, es la permanente. No puede ser eliminada por ebullición del agua y también se le conoce como dureza de no carbonatos (APHA, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable 500 mg/L establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### 4.4.3. Alcalinidad

Es la medida de la capacidad para neutralizar ácidos, contribuyen a la alcalinidad principalmente los iones bicarbonatos ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{-2}$ ) y oxidrilos ( $\text{OH}^-$ ), pero también los fosfatos y ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Los bicarbonatos y los carbonatos pueden producir  $\text{CO}_2$  en el vapor, que es la fuente de corrosión en las líneas de condensado. También pueden producir espumas, provocar arrastre de sólidos con el vapor y fragilizar el acero de las calderas. Se mide en las mismas unidades que la dureza como mg/L en ppm de  $\text{CaCO}_3$  (APHA, 1996).

Limite máximo permitido para agua potable 350 mg/L establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### 4.4.4. Cloruros

El cloruro generalmente está presente en las aguas superficiales naturales en concentraciones

bajas, los límites en el agua no contaminada suelen estar debajo de los 10 mg/L pudiendo ser a menudo menor que 1mg/L, el ión cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), forma sales en general muy solubles, suele ir asociado al ión sodio ( $\text{Na}^+$ ) especialmente en aguas muy salinas. El contenido en cloruros afecta la potabilidad del agua y su potencial uso agrícola e industrial. A partir de 300 ppm el agua empieza a adquirir un sabor salado. Las aguas con cloruros pueden ser muy corrosivas debido al pequeño tamaño del ión que puede penetrar la capa protectora en la interface oxido-metal y reaccionar con el hierro estructural. Se valora con nitrato de plata usando cromato de potasio como indicador (APHA, 1996).

La máxima concentración permisible de cloruros en el agua potable es de 250 ppm este valor se estableció más por razones de sabor, que por razones sanitarias. Los cloruros son una de las sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua y de drenaje (APHA, 1996).

Los excrementos humanos, principalmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a la de los cloruros consumidos con los alimentos y el agua. Esta cantidad es en promedio unos 6 gramos de cloruros por persona por día que incrementa el contenido de cloro en las aguas residuales en unos 20 mg/L del contenido propio del agua (Tyler, 1994).

El sabor salado del agua, producido por los cloruros, es variable y dependiente de la composición química del agua, cuando el cloruro está en forma de cloruro de sodio, el sabor salado es detectable a una concentración de 250 ppm de cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ). Cuando el cloruro está presente como una sal de calcio o de magnesio, el típico sabor salado de los cloruros puede estar ausente aún a concentraciones de 1000 ppm (Romero Rojas, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable 250 mg/L establecido por Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### 4.4.5. Sulfatos

Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Los estándares para el agua potable tienen un límite máximo de 250 ppm de sulfatos, ya que a valores superiores tiene una acción purgante para las personas (Romero Rojas, 1996).

Los límites de concentración arriba de los cuales se percibe un sabor amargo en el agua son para sulfatos de magnesio de 400 a 700 ppm y para sulfato de calcio son de 250 a 400 ppm (APHA, 1996).

El sulfato es uno de los iones que contribuye a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales. Algunas aguas no lo contienen, y otras presentan más de 2 g/L dependiendo del terreno (Romero Rojas, 1996).

Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm; y el agua de mar cerca de 3000 ppm, aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4$ ), la presencia de otras sales aumenta su solubilidad (APHA, 1996).

Agua con una concentración de sulfatos menores 600 mg/L es considerada un agua buena. Agua con una concentración superior a 750 mg/L tiene un efecto laxante (APHA, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable 400 mg/L establecido por Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### **4.4.6. Fosfatos**

El ión fosfato, ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en general forma sales muy poco soluble y precipita fácilmente como fosfato cálcico indican salinidad, contaminación agrícola, actividad bacteriológica, presencia de detergentes y fertilizantes, acción bacteriológica anaerobia (aguas negras). Los fosfatos también estimulan el crecimiento de las algas, lo que puede ocasionar un crecimiento rápido de las algas (Guinea, 1990).

Los crecimientos rápidos de algas se pueden reconocer con facilidad como capas de limo verde y pueden eventualmente cubrir la superficie del agua. Al crecer las plantas y las algas, ahogan a otros organismos. Estas grandes poblaciones de plantas producen oxígeno en las capas superiores del agua pero cuando las plantas mueren y caen al fondo, son descompuestas por las bacterias que usan gran parte del oxígeno disuelto en las capas inferiores. Las masas de

agua con altos niveles de fosfatos generalmente tienen niveles altos de demanda biológica de oxígeno debido a las bacterias que consumen los desechos orgánicos de las plantas y posteriormente a los niveles bajos de Oxígeno Disuelto (APHA, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable según Norma Colombiana 0.2 mg/L, ya que para este parámetro la norma salvadoreña no especifica normativa.

#### 4.4.7. Hierro

El ión hierro se presenta como ión ferroso, ( $\text{Fe}^{+2}$ ), o en la forma más oxidada del ión férrico, ( $\text{Fe}^{+3}$ ). La estabilidad de las distintas formas químicas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras del medio, composición de la solución, presencia de materia orgánica complejantes.

La presencia de hierro puede afectar a la potabilidad del agua y, el hierro del agua puede ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana. Algunas personas son capaces de detectar el gusto astringente dulce-amargo a niveles por encima de mg/L. en muestras de agua puede estar en forma de solución auténtica, en estado coloidal que puede ser pectinado por materia orgánica, en complejos inorgánicos y orgánicos de hierro o en partículas suspendidas relativamente gruesas. Puede estar en forma ferrosa o férrica suspendida o disuelta (APHA, 1996).

La concentración suele estar entre 0 y 10 ppm de  $\text{Fe}^{+2}$ , pero al airear el agua precipita  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  de color pardo-rojizo, y el contenido de ión disuelto se reduce a menos de 0.5 ppm. Sólo las aguas de pH ácido pueden tener contenidos en hierro de varias decenas de ppm (APHA, 1996).

El valor máximo admisible en agua potable 0.3 mg/L establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### 4.4.8. Manganeseo

Se encuentra en las aguas subterráneas en forma iónica divalente soluble, debida a la ausencia de oxígeno, existe evidencia de que se encuentra en aguas superficiales en suspensión en su forma tetravalente, como en la forma trivalente en un complejo soluble relativamente estable, produce manchas tenaces en la ropa lavada y en instalaciones de servicios sanitarios (APHA, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable 0.10 mg/L establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### **4.4.9. Nitratos**

Es la forma más prevaleciente de Nitrógeno en el agua porque es el producto final de la descomposición aeróbica del nitrógeno orgánico. El nitrato en fuentes naturales, se atribuye a la oxidación del Nitrógeno del aire y a la descomposición de la materia orgánica por la acción bacteriana (Tyler, 1994).

Las aguas normales contienen menos de 10 ppm y el agua de mar hasta 1 ppm, pero las aguas contaminadas por fertilizantes, pueden llegar a varios centenares de ppm (WHO, 2003).

Su presencia en las aguas superficiales, conjuntamente con fosfatos determina la eutrofización, que se caracteriza por un excesivo crecimiento de las algas (APHA, 1996).

Límite máximo permitido para agua potable 45.0 mg/L establecido por la Norma Oficial Salvadoreña (NSO 13.07.01.99).

#### **4.4.10 Oxígeno Disuelto**

Es la medida de oxígeno disuelto en el agua, expresado como mg de oxígeno por litro de agua. Las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, lo que es fundamental para la vida. Si el nivel de oxígeno disuelto es menor de 5 mg/L. Indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (Romero Rojas, 1996).

El agua de buenas características tiene un nivel de 8 mg/litro de oxígeno disuelto, dependiendo este valor de la temperatura. El oxígeno se encuentra en solución en todas las aguas superficiales y subterráneas, aumentando la salinidad, la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye. La presencia de oxígeno en el agua es debida a la absorción de este elemento del aire por parte del agua lluvia, que después retiene su contenido atravesando el terreno hasta llegar a los mantos acuíferos, manteniendo constante su nivel de oxígeno (Tyler, 1994).

La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar oscilan aproximadamente entre 15 mg/L a 0 °C y 8 mg/L a 25 °C (Rodier, 1989). La Normativa Salvadoreña no especifica límite, se tomó como Normativa la de usos recreativos establecidos por la (OMS) Organización Mundial de la Salud. 6.5 mg/L (Anexo 8).

#### **4.5. Calidad Microbiológica del agua**

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación. Dada la limitada capacidad de algunos miembros del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal (WHO, 2003).

##### **4.5.1 Grupo Coliforme**

Son las bacterias Gram-negativas en forma de bastoncillos, no esporulados, aerobios y anaerobios facultativos que fermentan la lactosa a una temperatura que fermentan la lactosa a 35-37°C produciendo ácido, gas y aldehído en un periodo de 24-48 horas. Son oxidasa negativa y no forman esporas. Capaces de crecer en presencia de sales biliares u otros compuestos tensoactivos. Tradicionalmente se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *citrobacter*, *enterobacter* y *klebsiella* (CEPIS, 2000).



La presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Romero Rojas, 1996).

#### 4.5.2. Coliformes Fecales

Son bacterias coliformes totales y tienen las mismas propiedades que las fecales, excepto que toleran y crecen a una temperatura mayor 44.5- 45.5 °C y producen indol a partir del triptófano. La especie de mayor importancia de este grupo es la *Escherichia coli*. Son una familia que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos (Jawest, 2005).

La determinación de coliformes fecales en agua, es un análisis de contaminación fecal más reciente que la determinación de coliformes totales; por eso los coliformes fecales son el Microorganismo patrón utilizado por muchos laboratorios.

Se consideran coliformes fecales a: *Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter*

Entre las enfermedades que producen las bacterias coliformes tenemos: ***Escherichia coli*** produce dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos y fiebre.

*Klebsiella* produce enfermedades respiratorias. *Citrobacter* produce alteraciones a nivel del colon y a nivel intestinal. (Jawest, 2005).

#### 4.5.3. *Escherichia coli*

Bacilo Gram negativo, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44.5 \pm 0.2$  °C dentro de las  $24 \pm 2$  horas y que poseen la enzima B-D Glucoronidasa y es capaz de romper el sustrato fluorogénico con producción de fluorescencia con MUG ( Metil umbeliferil glucoronido). La mayor especie en el grupo de coliformes termotolerantes es la ***Escherichia coli*** y en menor especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (CEPIS, 2000).

*Escherichia Coli* se encuentra muy difundida en la naturaleza y aunque la mayoría de las cepas tienen probablemente su origen de las heces, su presencia, particularmente en pequeño número, no significa necesariamente que los alimentos contengan materia fecal, pero sí sugiere un bajo nivel de higiene. Algunos serotipos son patógenos para el hombre y los animales, causando gastroenteritis en niños lactantes, infecciones de vías urinarias, diarrea de los viajeros, lesiones supuradas, diarrea blanca de los terneros (CEPIS, 2000).

#### 4.5.4. Bacterias Heterótrofas

Las bacterias heterotróficas (heterótrofas) se definen como aquellas bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autotróficas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO<sub>2</sub>, como fuente de carbono. Esta definición de bacteria heterótrofa es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofiticas como a las patógenas. Por lo tanto, las bacterias que causan como las que no causan enfermedades son heterótrofas (CEPIS, 2000).

El recuento heterotrófico en placas (RHP) es un procedimiento sencillo que se puede realizar por el método de placa fluida, difusa o filtración por membrana y es una herramienta muy útil. Los resultados proporcionan información que complementa los resultados de los coliformes totales. El recuento heterotrófico en placas ( RHP ) se puede usar para indicar la eficacia y eficiencia de los procesos de tratamiento del agua, como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo del recuento heterotrófico en placas en el agua distribuida puede proporcionar información sobre la limpieza del sistema de distribución, desarrollo de bacterias después del tratamiento, efectos de los cambios de temperatura en el agua y del cloro residual en la población bacteriana (OPS, 1998).

#### 4.6. Contaminación del agua

Es la incorporación de materias extrañas como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos de aguas residuales que deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para bebida, regadío, lugar de recreo, soporte de vida acuática. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos. Entre los

contaminantes del agua tenemos:

#### 4. 6.1. Microorganismos patógenos

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, animales o plantas vivas o en descomposición, fuentes minerales y materias fecales (Tyler, 1994).

La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias presentes en el agua (Tyler, 1994).

La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya cero colonias de coliformes por 100 ml de agua. Se considera que el número de microorganismos portadores de enfermedad en el agua es proporcional al número total de microorganismos y que una cantidad total baja representa un menor riesgo de contraer una enfermedad, Sin embargo, se han dado casos en que enfermedades virales han sido transmitidas por aguas que cumplen estrictamente con las normas de control de bacterias (OPS, 1998).

Entre las enfermedades más conocidas cuyos microorganismos pueden ser transmitidos por el agua están las siguientes de origen bacterial: Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*), Fiebre paratifoidea (*Salmonella paratyphi*), Cólera (*Vibrio cholerae*), Disentería bacilar (*Shigella spt*), Gastroenteritis (*Salmonella spp*).

Protozoos patógenos: Disentería amibiana (*Entamoeba histolytica*), Giardiasis (*Giardia lamblia*), Meningoencefalitis (*Naegleria gruberi*), Criptosporidiosis (*Cryptosporidium*).

Virus: Los principales virus asociados con el agua son: Gastroenteritis Viral, Diarrea Viral,

Hepatitis Infecciosa, Virus del Polio (3 tipos), Virus Adeno (32 tipos), Virus Echo (34 tipos) (Romero Rojas, 1999).

#### 4.6.2. Desechos orgánicos.

Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno.

Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno (OPS, 1998).

#### 4.6.3. Sustancias químicas inorgánicas.

En este grupo están incluidos ácidos y sales que provienen de descargas domésticas, agrícolas, erosión del suelo e industrias metales, tóxicos como el mercurio y el plomo que provienen de aparatos eléctricos, baterías de carro, plásticos, vidrio, cerámica. Si estos ácidos, metales se encuentran en grandes cantidades pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua (OPS, 1999).

#### 4.6.4. Nutrientes vegetales inorgánicos

Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua con mal olor e inutilizable (Tyler, 1994).

#### 4.6.5. Compuestos orgánicos e inorgánicos

Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes y detergentes acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos (Tyler, 1994).

#### 4.6.6. Sedimentos y materiales suspendidos

Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos (Tyler, 1994).

### **4.7. Recurso Agua en El Salvador**

El Salvador tiene una superficie de aproximadamente 21.000 km<sup>2</sup> y una población de 6.7 millones de habitantes. Es el país más pequeño y más densamente poblado del continente (316 hab/km<sup>2</sup>). Se estima que el 90% de los cuerpos de agua dulce superficiales, tienen alguna forma de contaminación, por causas de desechos y vertidos domésticos, industriales, agroindustriales, hospitalario (CESTA, 2005).

Los costos sociales reportan índices altos en muertes infantiles al año por contaminación de aguas. Los costos económicos son del orden de 1.2% a 1.7% del PIB (FUSADES), considerando a la población en general (PNUD, 2001).

Al igual que la cantidad del recurso, el acelerado deterioro de la calidad se constituye en otro punto de vulnerabilidad del subsector de abastecimiento de agua potable para la población, la situación de escasez, los problemas originados por el deterioro de los cauces naturales con una secuela de inundaciones y avalanchas con ocasión de tormentas tropicales y huracanes, y la

grave situación creada por la contaminación (PNUD, 2001).

El país carece de una política nacional de agua. Las acciones que se realizan ante situaciones de desastres, al igual que la legislación existente, responden a respuestas aisladas para situaciones específicas. Se debe de adoptar e implementar una política nacional para la gestión del recurso hídrico, cuya falta ha sido uno de los factores que contribuyó a que el recurso cayese a la situación en la que actualmente se encuentra en el país (Jenkins, 2003).

#### **4.8. Agua y Desarrollo**

El Salvador es el país más pequeño y de mayor densidad de población en Centroamérica. Al mismo tiempo, el creciente aumento en el patrón de asentamientos, la elevada tasa de deforestación y la política orientada a la generación de embalses, ha hecho que el acceso al agua sea un aspecto crítico a desarrollar en los planes de gestión del recurso hídrico a inmediato y largo plazo (SNET, 2005).

El Salvador cuenta con 12 regiones hidrográficas lacustres, costeras y continentales, siendo la cuenca del Lempa la que abarca cerca del 50% de toda la red hídrica, junto con el Lempa, El Salvador comparte las cuencas del Río Paz con Guatemala y del Goascoran con Honduras. El territorio Salvadoreño cuenta con una predominancia de suelos de formaciones volcánicas de poca permeabilidad (SNET, 2005).

Aunque se han presentado mejoras en el número de viviendas con acceso al agua o a fuentes mejoradas en El Salvador en el período 1990-2000; existen diferencias entre los sectores rural y urbano en cuanto al acceso a fuentes mejoradas (PNUD, 2003).

Las diferencias entre los sectores urbanos y rurales se acentúan al considerar la cobertura total, y no solamente la disponibilidad existente en redes domésticas.

La cobertura urbana virtualmente cuadruplica la cobertura existente en el sector rural. La cobertura en la zona rural, sólo abastece a la cuarta parte de su población. El Informe sobre Desarrollo de El Salvador (2001) establecía porcentajes más alarmantes, en los que la accesibilidad de agua es tan baja que ha llevado a las comunidades a abastecerse de fuentes

primarias, particularmente en zonas rurales (IDH, 2001).

En síntesis, 1.5 millones de personas en zonas rurales y 400.000 en las zonas urbanas se encuentran sin acceso directo a servicios de agua potable suministrados por acueductos. De este modo, El Salvador ocupa el último lugar en la región centroamericana en cobertura de agua y el tercero en las zonas rurales. Sólo supera a Bolivia, Perú y Paraguay a nivel latinoamericano (IDH, 2001).

El Salvador podría enfrentar escasez de agua en unos 15 años si no toma medidas sobre el manejo integral de ese recurso en el corto plazo, según un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2001).

Se cuenta con una oferta hídrica que supera el promedio mundial, pero las condiciones de acceso al agua y de distribución son críticas y se han convertido en una de las principales limitantes para el desarrollo económico y social del país (PNUD, 2006).

Según el PNUD 2001 la crisis del agua en El Salvador tiene varias dimensiones:

Una física, una social y una institucional. En la parte física, el agua dulce se vuelve escasa al disminuir la capacidad del territorio para infiltrar agua de lluvia, en lo social, la calidad del líquido se ha empobrecido por la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. En la institucional, los servicios de abastecimientos de agua y de saneamiento son deficientes debido a la gestión inadecuada del recurso hídrico en el país.

El informe del Banco Mundial asegura que a pesar que en el 2004 el gobierno destinó un total de 112,9 millones de dólares para el subsidio del agua, un 65% de los hogares más pobres del país no recibieron ningún beneficio, dado que no disponen del servicio de la Administración Nacional de Acueductos Alcantarillados (ANDA) (PNUD, 2006). Según la investigación, las familias más pobres rurales emplean el 8,5% de su tiempo productivo para conseguir agua.

La ineficiente gestión del agua en El Salvador, se manifiesta en conflictos sociales así como en la contaminación de los recursos hídricos, con la consiguiente amenaza para la salud humana por epidemias y otras enfermedades (OMS, 1998).

Se calcula que en 20 años todas las fuentes subterráneas del área metropolitana de San Salvador podrían sobrepasar los estándares de contaminación indicados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1998).

Si no se toman medidas para impulsar un esquema de manejo racional de los recursos hídricos en un horizonte de sostenibilidad, El Salvador podría estar experimentando una situación de tensión hídrica, junto a otros trece países latinoamericanos hacia el año 2022 (PNUD, 2006).

En términos técnicos, la escasez de agua o situación de tensión hídrica ocurre cuando el suministro no alcanza el mínimo anual de 1700 metros cúbicos de agua potable por persona, necesarios para una vida saludable.



## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Ubicación del área de estudio**

El municipio de Jucuaran se sitúa a 143 km. al sur este de San Salvador y a 23 km. de la cabecera departamental (Usulután). Jucuaran colinda al Norte con los municipios de Concepción Batres y San Miguel; al sur con el Océano Pacífico, al poniente con los municipios de San Dionisio y Concepción Batres y al Oriente con el Municipio de Chirilagua (San Miguel). La vía de acceso es una calle recién pavimentada de 17 km. que conecta con la carretera litoral. Se encuentra en la Cordillera Meridional -Costera, Jucuaran- Intipuca, la cual se extiende entre la Bahía de Jiquilisco y el Golfo de Fonseca, en una cadena de volcanes que culmina en el cerro el Monito (883 msnm), con una extensión de 239.69 km<sup>2</sup> que corresponde al 11.3% del área del departamento.

La altura sobre el nivel del mar de la cabecera municipal es de 680 m. El municipio está conformado por 7 cantones, 78 caseríos y dos barrios en el área urbana, la distancia promedio de los cantones a la cabecera municipal es de 16 km. (anexo 1).

### **5.2. Descripción de la metodología**

#### **5.2.1. Fase de campo**

Se visitaron las comunidades: Almendro, Espíritu Santo, Cabaña y Plantel del cantón El Almendro del municipio de Jucuaran Usulután. (Anexo 2). En el período comprendido de junio a noviembre del 2006. El universo fue el agua que abastece la abastece. Se tomó como muestra a 25 familias de una población de 1316 habitantes, de un total de 248 familias, como el número de familias en cada comunidad es diferente se usó el método estratificado por afijación, por ser el que mejor se adapta y es proporcional al número de familias, garantizando el máximo número de muestras de una población infinita. Determinando en cada comunidad un diez por ciento del total de familias. Como se detalla en el cuadro 1. En el mismo momento que se recolectaron las muestras, se encuestó a un miembro de la familia,

(anexo 3), donde se le dio a conocer el objetivo del estudio y su disponibilidad de responderla. Las variables que se estudiaron en la encuesta se detallan en el (anexo 11)

Cuadro 1. Distribución del número de muestras a tomar del total de familia en cada comunidad del cantón el Almendro. y las diferentes fuentes de suministro.

Comunidades	Habitantes	Total de Familias	Número de muestras	Fuentes de suministro
Almendro	537	108	11	Nacimiento
Col Espíritu Santo	156	26	3	Grifo
Cabaña	243	45	5	Grifo
Plantel	330	59	6	Grifo
TOTAL	1316	248	25	

Fuente Propia. Estudio de la investigación.

#### 5.2.1.2. Muestreo

Los muestreos se realizaron en dos períodos época lluviosa y seca. En las comunidades El Almendro, Espíritu Santo, Cabañas y el Plantel. En el mismo momento que se tomaron las muestras para el análisis físico químico se recolectaron las del análisis microbiológico.

#### 5.2.1.3. Recolección de muestras de agua

Las muestras se recolectaran en frascos plásticos con capacidades de 1000 ml para el análisis físico químico y en frascos de 250 ml previamente esterilizado protegido con un gorro de papel sujeto por un cordel para el análisis microbiológico.

#### 5.2.1.4. Identificación de las Muestras

Las muestras tenían los datos completos de identificación: lugar de muestreo fecha, hora,

toma de muestra, análisis requeridos y nombre del analista.(anexo 10).

### **5.3. Fase de Laboratorio**

#### 5.3.1. Procedimiento para análisis Físico Químico

Para la realización del análisis físico químico se tomaron 25 muestras de agua en época lluviosa y 25 en época seca. Las técnicas de laboratorio empleadas para realizar los diferentes análisis químicos son las siguientes: de acuerdo a Métodos Stándar para Aguas y Aguas de Desecho (APPA 1996).

Las técnicas empleadas para: pH: método potenciométrico, Conductividad: método conductimétrico, sulfatos, turbidimétrico, hierro, espectrofotométrico, nitratos, espectrofotométrico, dureza total, método complejométrico, alcalinidad, titrimétrico, oxígeno disuelto, tritrimétrico, manganeso, espectrofotométrico, turbidez nefelométrico, cloruros, fotométrico.

#### 5.3.2. Toma de muestra para análisis físico químico

Se utilizaron frasco plástico de capacidad de un litro, se enjuaga el frasco por lo menos 3 veces con la muestra. Al tomar la muestra se llena completamente el frasco se tapa Inmediatamente. Se mantiene la muestra en hielera a temperatura de 5 °C. Se Identifica el frasco y se traslada al laboratorio para su respectivo análisis.

### **5.3.3. Parámetros Físicoquímicos**

#### 5.3.3.1. Alcalinidad (Método de Titulación). Equipo fotómetro SQ 118

Fundamento:

Los hidroxilos presentes en una muestra como resultado de la disociación o hidrólisis de los Solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar. La alcalinidad depende del pH del

punto final utilizado (APHA 1996).

#### 5.3.3.2. Cloruros (Método fotométrico), Equipo Fotómetro SQ 118

Fundamento:

En una solución neutra o ligeramente alcalina, el cromato potásico puede indicar el punto final de la titulación de cloruros con nitrato de plata. Se precipita cloruro de plata cuantitativamente antes de formarse el cromato de plata rojo (APHA 1996).

#### 5.3.3.3. Conductividad Eléctrica (Método conductimétrico) Equipo, OXI 320/SET, CELL OX 325

Fundamento:

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición. Las soluciones de la mayoría de los ácidos, bases y sales presentan coeficientes de conductividad relativamente adecuados. A la inversa, las moléculas de los compuestos orgánicos que no se disocian en soluciones acuosas tienen una conductividad muy escasa o nula (APHA, 1996).

#### 5.3.3.4. Dureza. Método Titrimétrico Ácido Etilendiaminotetracético(EDTA)

Fundamento:

El ácido etilendiamino tetra acético y sus sales de sodio (EDTA) forman un complejo de quelato soluble al añadirse a las soluciones de algunos cationes metálicos. Si a una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio a un pH de  $10 \pm 0.1$  se añade una pequeña cantidad de colorante, como negro de ericromo T o calmagita, la solución toma un color rojo

vino. Si se añade EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio formaran un complejo, y cuando todos estos iones están incluidos en dicho complejo, la solución cambia del rojo, vino al azul, señalando el punto final de la titulación (APHA, 1996).

#### 5.3.3.5. Fosfato. Método Fotométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento:

Los fósforos presentes en el agua se determinan convirtiéndolos a la forma Ortofosfato. El complejo Antimonio fosfomolibdato es formado por la reacción con molibdato de amonio y tartrato de antimonio y potasio en medio ácido. Éste complejo es reducido a un complejo de molibdeno azul por el ácido ascórbico, se lee en un espectrofotómetro, a una longitud de onda de 890 nm.

#### 5.3.3.6. Hierro. Método fotométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento:

Se disuelve el hierro, se reduce al estado ferroso por ebullición con ácido e hidroxilamina y se trata con 1,10-fenantrolina a pH de 3.2 a 3.3. El complejo rojo naranja que se forma es un quelato de tres moléculas de fenantrolina por cada átomo de hierro ferroso.

#### 5.3.3.7. Manganeso. Método fotométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento:

La oxidación con per sulfato de los compuestos manganesos solubles para formar permanganato se realiza en presencia de nitrato de plata. El color resultante es estable durante 24 horas al menos, si existe un exceso de per sulfato y si no hay materia orgánica (APHA 1996).

#### 5.3.3.8. Nitratos. Método fotométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento:

El nitrito NO<sub>2</sub> se determina por la formación de un colorante azo purpura rojizo, producido a pH 2.0 a 2.5 por acoplamiento de sulfonamida diazotizada con di clorhidrato de N-(1-naftil)-etilendiamino diclorhidrato de NED. El rango de aplicación del método para medidas espectrofotométricas es de 10 a 1000Ug de NO<sub>2</sub> – N/L (APHA 1996).

#### 5.3.3.9. Oxígeno Disuelto. Método Valoración Titrimétrica

Fundamento:

Se basa en la adición de solución de manganeso divalente, seguido de álcali fuerte, a la muestra contenida en un frasco con tapón de vidrio. Oxígeno Disuelto oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado disperso de hidróxido manganeso divalente a hidróxidos con mayor estado de valencia. En presencia de iones yoduro, en solución acida, el manganeso oxidado revierte al estado divalente, con liberación de yodo equivalente al contenido original de Oxígeno Disuelto. Entonces se valora el yodo con una solución patrón de tiosulfato. El punto final de la titulación se puede detectar visualmente, con un indicador de almidón, el método se puede usar para obtener estimaciones muy exactas del Oxígeno Disuelto del orden de microgramos por litro (APHA, 1996).

#### 5.3.3.10. Potencial de hidrogeno pH equipo Medidor de pH Orión Método: Electrométrico.

Fundamento:

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógenos, se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones H<sup>+</sup>.

#### 5.3.3.11. Determinación de sólidos totales secados a 103-105°C. Método Gravimétrico

Fundamento:

Se evapora una muestra correctamente mezclada en una placa pesada y secada a peso constante en un horno a 103-105 °C el aumento de peso sobre el de la placa vacía representa los sólidos totales, es posible que en muestras de aguas residuales los resultados no representen el peso real de los sólidos disueltos y suspendidos (APHA, 1992).

#### 5.3.3.12. Sulfatos. Método fotométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento:

El ión sulfato  $\text{SO}_4^{2-}$  precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario  $\text{BaCl}_2$  de modo que forma cristales de sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de ( $\text{BaSO}_4$ ) con un fotómetro y se determina la concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  por comparación de la lectura con una curva patrón (APHA, 1996).

#### 5.3.3.13. Turbidez. Método Nefelométrico EQUIPO FOTOMETRO SQ 118

Fundamento.

Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones.

### 5.4. Procedimiento para Análisis Bacteriológico

Para la realización del análisis bacteriológico se analizaron 25 muestras en época lluviosa y 25 en época seca. Las muestras fueron colectadas en frascos plásticos estériles de 250 mL, se conservaron en hielera para brindarle las condiciones óptimas 4°C y posteriormente se transportaron al laboratorio.

La calidad microbiológica del agua se determinó a través de la detección de coliformes totales

y fecales, *Escherichia coli*, empleando la técnica del número más probable NMP/100 mL de acuerdo a los métodos de la (APPA 1992). Recuento de bacterias heterótrofas por el método de placa fluida.

La determinación de coliformes se hizo en tres partes: Prueba Presuntiva, Prueba Confirmativa, Prueba Completa.

### **5.5. Toma de muestra análisis microbiológicos**

Se tomo un volumen de muestra de 250 mL en frascos plástico, lavado y esterilizado,

Se esteriliza el chorro antes de tomar la muestra, se abre complemente y se deja que el agua fluya 2 ó 3 minutos para permitir la limpieza.

Se llena el frasco hasta unos 2 cm abajo del cuello dejando el espacio suficiente de aire para homogenización posterior mediante agitación.

### **5.6. Parámetros Bacteriológicos**

En el análisis bacteriológico los parámetros analizados fueron: Coliformes totales, Coliformes Fecales, Recuento de bacterias Heterótrofas, *Escherichia coli*.

Para el análisis bacteriológico del agua se utilizó la técnica de tubos múltiples para determinar la fermentación de lactosa y los resultados se reportaron en términos del número más probable (NMP) (Anexo 6) que resulta de replicas de tubos positivos y negativos en cinco diluciones de la muestra. Este número se basó en la teoría de probabilidades y es un estimado de la densidad media de los coliformes en la muestra. La determinación de coliformes se hizo en tres partes: Prueba Presuntiva, Prueba Confirmativa, Prueba Completa.

### **5.7. Método de Análisis Fermentación de Tubos Múltiples NMP**

Fundamento:



El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo LMX.

Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación a 35 o 37°C. Cada uno de los que muestran turbidez y coloración verdosa con producción de gas se resiembró en un medio confirmativo más selectivo y cuando se busca *Escherichia coli* presuntiva en un medio en el que se pueda demostrar la producción de ella.

### **5.8. Prueba Coliformes Totales**

Consistió en inocular tres series de cinco tubos cada uno que contenían 10 ml de LMX de doble concentración con 10 ml de muestra. Cinco tubos de 10 ml de LMX de concentración simple con 1 ml de muestra y cinco tubos que contenían 10 ml de LMX de concentración simple con 0.1 ml. Todos estos tubos se incubaron a 37°C durante 24-48 horas para determinar la producción de la coloración verdosa en cada uno de los tubos inoculados.

### **5.9. Prueba coliformes fecales**

Consistió en resembrar en caldo EC (*Escherichia coli*) con asa de cada uno de los tubos positivos en la determinación de coliformes totales y luego se incubaron a temperatura de 44.5°C en baño maría con circulación durante 24-48 horas. Se observaron los tubos si presentaban producción de gas en la campana de Durham y se anotaron los resultados.

### **5.10. Prueba para *Escherichia coli***

De los tubos con coloración verdosa en la prueba de coliformes fecales se observó con lámpara de luz ultravioleta si presentaban fluorescencia y para confirmar se le adicionó diez gotas del reactivo de Kovac la formación del anillo indólico, color púrpura en la interface confirmó la presencia de la *E. coli*.

Mediante tablas estadísticas se lleva a cabo el cálculo del número más probable (NMP) de organismos coliformes y *E. coli* que puedan estar presente en 100 cm<sup>3</sup> de muestra, a partir de

los números de los tubos que dan resultados de acuerdo a la combinación de los tubos y a las tablas oficiales NMP (APHA, 1992) (Anexo 6).

#### **5.11. Recuento de Heterótrofas**

De cada una de las muestras pipetear un mL y adicionarlo en cada una de dos cajas de petri esteriles, agregar 20 mL de agar Plate Count fundido a T° de 45°C, mezclar y dejar solidificar. Incubar a  $35 \pm 2^\circ\text{C}$  durante 24 horas, cuantificar las unidades formadoras de colonias y reportar los resultados como UFC/ mL.

#### **5.12. Calidad del agua**

Con base a criterios de la Norma Oficial Salvadoreña de especificaciones para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, se establecieron niveles de calidad de agua potable. (Anexos 4 y 5).

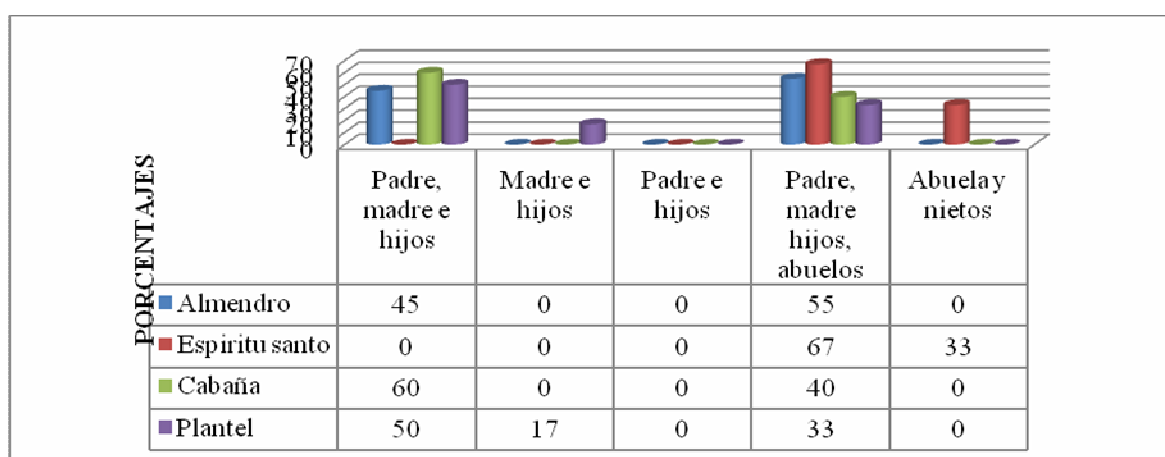
## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. Aspectos Sociales

El análisis social de los pobladores de las comunidades El Almendro, Espíritu Santo, la Cabaña y el Plantel, se desarrolló en los aspectos siguientes:

#### 6.1.1. Composición del grupo familiar

Figura 1. Composición por grupo familiar en las cuatro comunidades del cantón.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

La integración de padre, madre, hijos y abuelos, en El Almendro es del 55%, en el Espíritu Santo en un 67%, en la Cabaña en un 40% y en el Plantel en un 33.3%. La integración de padre, madre e hijos en el Almendro es de un 45%, en la Cabaña de un 60% y en el Plantel de un 50%. La integración de madre e hijos es 16.7% en el Plantel y la integración de abuela y nietos en el Espíritu santo es de un 33%.

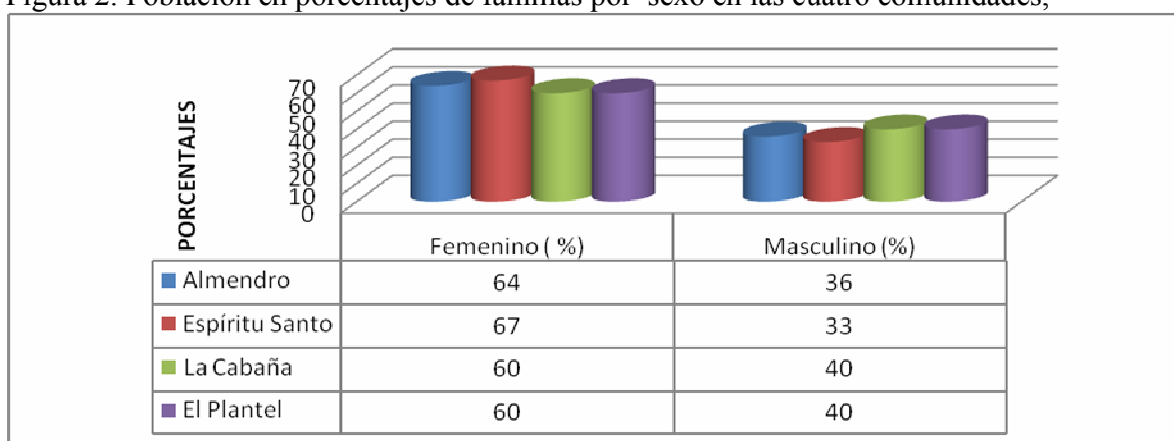
La composición por grupo familiar en las comunidades del cantón El Almendro está representada en su mayoría por padre, madre hijos y abuelos, pero es de notar que en las comunidades El Espíritu Santo y El Plantel están formados solo por madre e hijos, o por la abuela y los nietos.

En relación al número de personas, los hogares están constituidos por un promedio de cinco miembros por hogar, oscilando entre uno y siete, lo que indica que los hogares presentan un número considerable de miembros. Además, se encontró que la mujer es la cabeza del hogar, en la mayoría de las casas debido a la situación política vivida en esas comunidades en décadas anteriores y al fenómeno de la migración de los jefes de familia, los cuales por falta de empleo en las comunidades han emigrado para la capital o para los Estados Unidos, a la búsqueda de mejores oportunidades de empleo y de esta manera contribuir en la economía familiar.

Por lo que la mujer esta bajo el cuidado y vigilancia de la familia de su esposo y de los hijos. Lo que sirve como un control social que refuerza las tradicionales relaciones de género. Además, la perdida de la agricultura como una opción económica viable ha obligado a los y las jóvenes en el campo a buscar otros trabajos y confrontar problemas de identidad e incertidumbre de lo que van hacer con sus vidas. Por lo que la migración es un factor que aumenta e intensifica cambios sociales en estas comunidades.

### 6.1.2. Composición familiar por sexo

Figura 2. Población en porcentajes de familias por sexo en las cuatro comunidades,



Fuente: Propia estudio de la investigación.

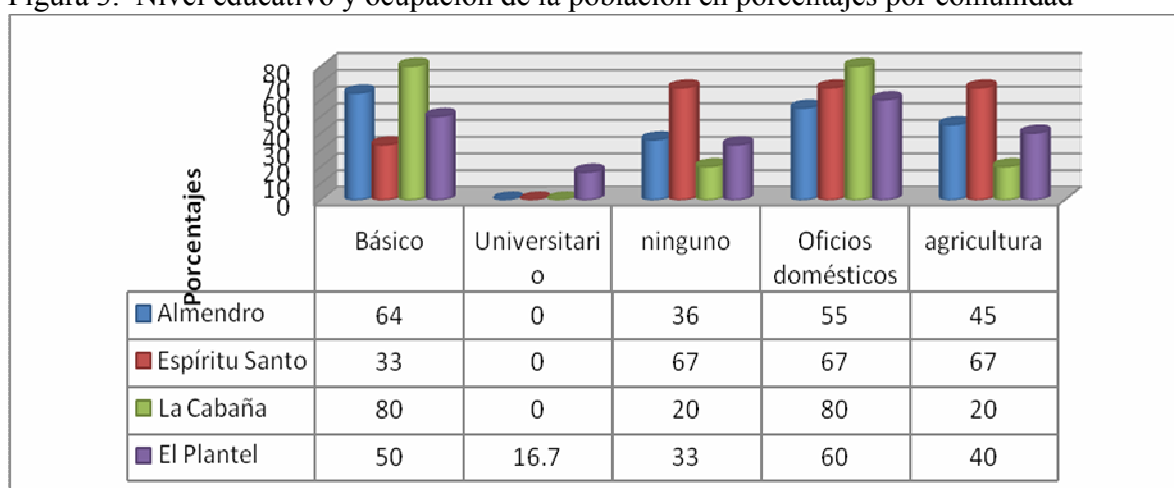
La población de las familias por sexo en El Almendro es en un 64% por sexo femenino y un 36% por sexo masculino, en El Espíritu Santo, en un 67% por sexo femenino y un 33% por

sexo masculino, en la Cabaña y el Plantel lo representan en un 60% por sexo femenino y en un 40% por sexo masculino.

La predominancia del género femenino en las comunidades es generada, como consecuencia de la emigración de los hombres hacia el extranjero o a la ciudad, lo que ha generado cambios en la división del trabajo por género, como el aumento de responsabilidades de las mujeres, quienes se inclinan a realizar inversiones agropecuarias como la forma de compra de animales, particularmente de corral, que se crían cerca de la casa. Esta forma de inversión tiene sentido dadas las condiciones desfavorables de los precios de los granos básicos y los altos costos de producción, así como por la seguridad alimentaria.

### 6.1.3. Nivel de educación y ocupación

Figura 3. Nivel educativo y ocupación de la población en porcentajes por comunidad



Fuente: Propia estudio de la investigación.

El nivel educativo en la comunidad El Almendro es 64% básico y 36% sin ningún grado de educación de la población. En el Espiritu Santo el 67% no tiene ningún grado de educación y un 33% tiene nivel básico. En la Cabaña el 80% tiene nivel básico y el 20% no tienen ningún grado; en cambio en el Plantel el 50% tiene nivel básico y el 33% no tiene ningún grado de educación y un 16% tiene grado universitario.

El nivel de educación alcanzado en las comunidades El Almendro y Cabaña es básico. El grado de educación alcanzado que prevalece más, es en menores de 16 años la falta de

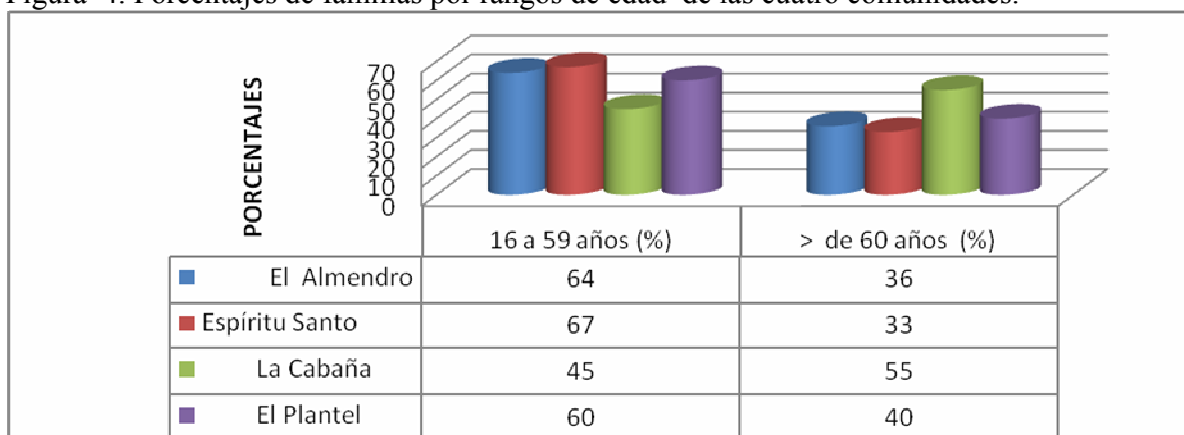
recursos económico, horarios escolares que compiten con el calendario agropecuario, induciendo la deserción escolar.

La duración promedio de escolaridad ha crecido en el área rural, debido a que las familias atribuyen a la educación un mayor valor. Y una de las principales utilidades de las remesas familiares es para la educación. Las personas mayores no poseen ningún grado de escolaridad, lo que resulta preocupante sobre todo porque la educación es uno de los pilares de desarrollo en todas las partes del mundo.

En cuanto a la ocupación, las actividades que se realizan son oficios domésticos y la agricultura, debido a que son roles por género; los hombres mayores y niños mayores trabajan en las tareas de siembra y cosecha, además de pastoreo de ganado. Las mujeres se dedican al trabajo del hogar, preparar comida, cuidar niños, cuidar animales domésticos, que habitan espacios alrededor de la casa.

#### 6.1.4. Edad

Figura 4. Porcentajes de familias por rangos de edad de las cuatro comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

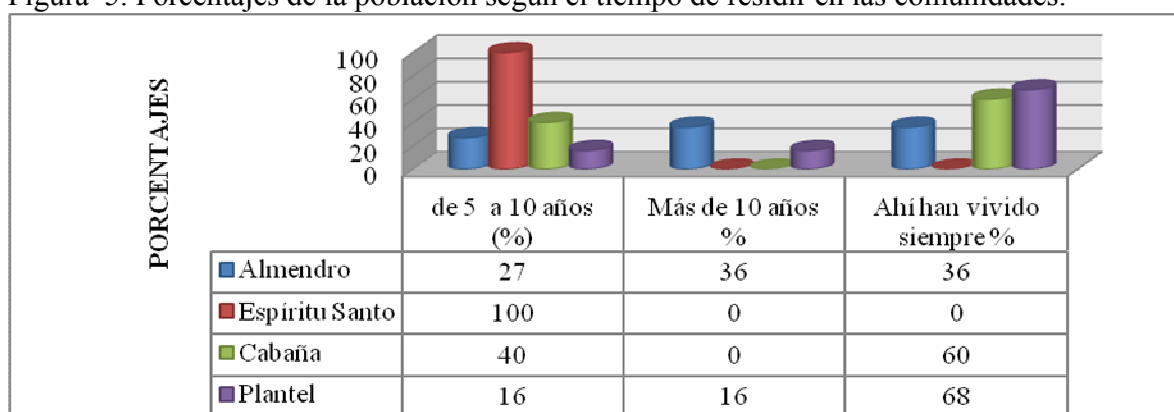
Las edades de los habitantes de la comunidad El Almendro están comprendidas entre 16 a 59 años en un 64% y en un 36% son mayores de 60 años, en el Espíritu Santo un 67% de la población se encuentra en edades entre 16 a 59 años y un 33%, de más de 60 años. En la Cabaña un 55% está en edades de 60 años y más, y un 45% están entre 16 a 59 años, mientras

que en el Plantel, el 60% esta comprendido en edades de 16 a 59 años, y el 40% de mayores de 60 años y más.

El mayor porcentaje de la población está comprendido entre 16 a 59 años, por lo que la edad económicamente activa es la que predomina en las cuatro comunidades.

### 6.1.5. Vivienda

Figura 5. Porcentajes de la población según el tiempo de residir en las comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

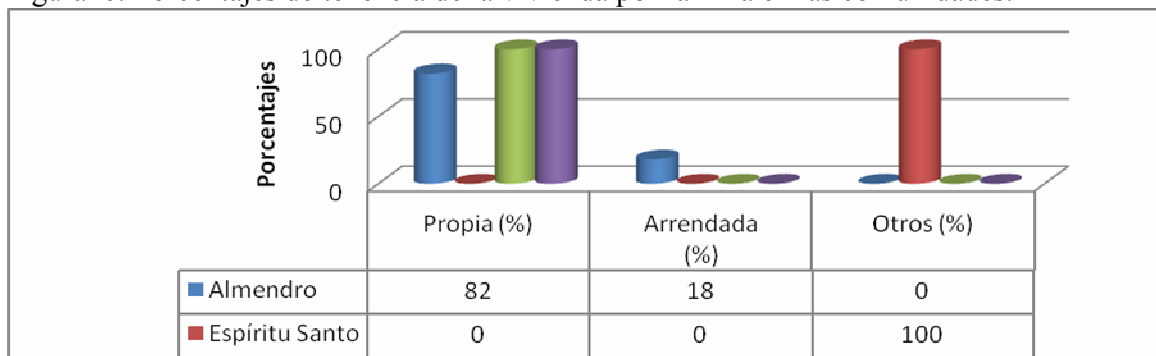
En la comunidad El Almendro el 27% de población tiene de residir de 5 a 10 años, un 36% más de 10 años y ahí han vivido siempre. En el Espiritu Santo el 100% de la población reside de 5 a 10 años. En la Cabaña el 60% de la población ahí han vivido siempre y en un 40% de 5 a 10 años. En el Plantel el 68% de la población ahí han vivido siempre y un 16% de 5 a 10 años y más de 10 años.

En las comunidades la Cabaña y el Plantel la mayoría de la población (60% y 68% respectivamente), es originaria del lugar y han vivido ahí siempre, ya que han adquirido sus tierras por herencia familiar.

En cambio los que presentan menos tiempo de residir en el lugar es debido a que han sido reubicados por ser beneficiarios de desastres que se han dado en la zona como el huracán Mitch.

### 6.1.6. Tenencia de la Vivienda

Figura 6. Porcentajes de tenencia de la vivienda por familia en las comunidades.

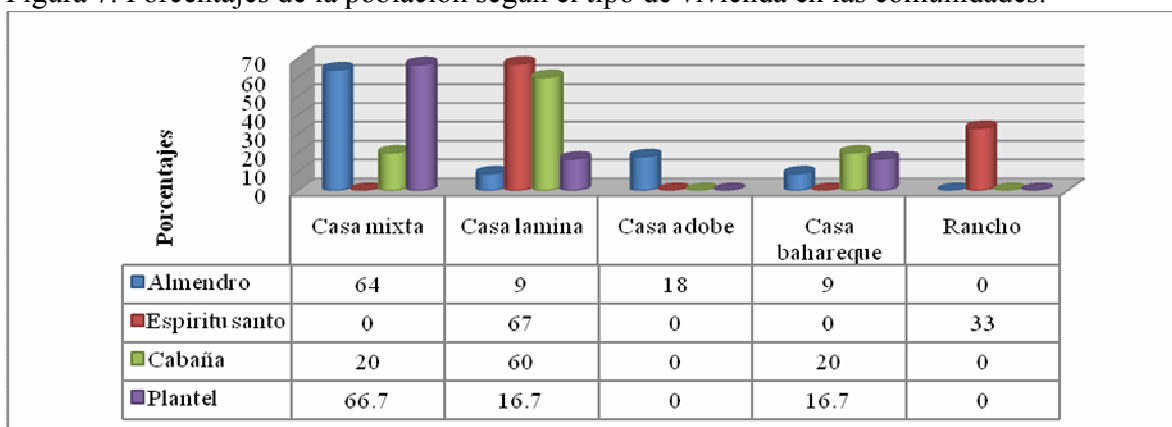


Fuente: Propia estudio de la investigación.

La tenencia de la vivienda en las comunidades esta representada en el Almendro en el 82% por casa propia, 18% es arrendada, en el Espíritu Santo en un 100% es por donación, después del huracán Mitch, que fueron reubicados por las inundaciones que se dieron en la zona. En las comunidades la Cabaña y el Plantel en un 100% es casa propia. La mayoría de los pobladores de las comunidades tiene casa propia.

### 6.1.7. Tipo de vivienda

Figura 7. Porcentajes de la población según el tipo de vivienda en las comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

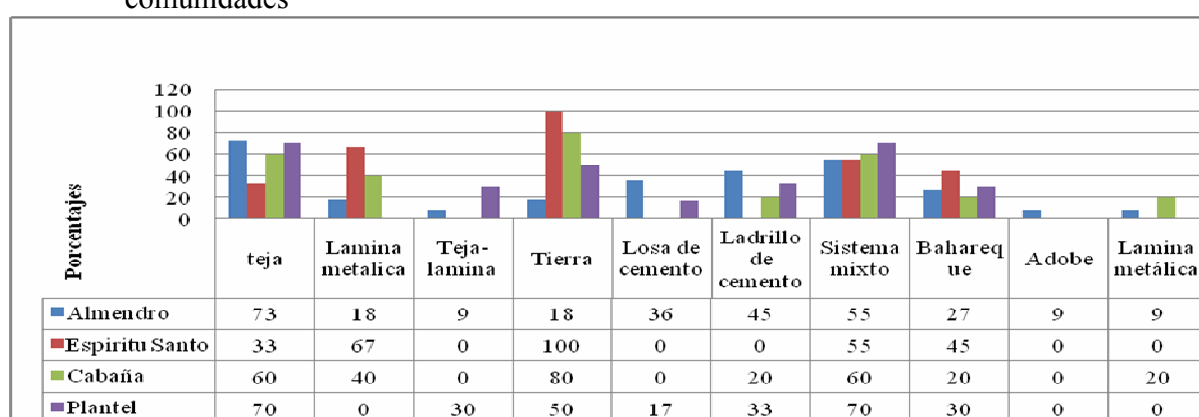
El tipo de vivienda en El Almendro en un 64% es sistema mixto, en un 18% de adobe y en un 9% de lámina y de bahareque. En el Espíritu Santo en un 67% de lámina y en un 33% rancho.



En la Cabaña en un 60% es de lámina y en un 20% sistema mixto y bahareque. En el Plantel 66.7% es sistema mixto y en un 16.7% lámina y bahareque. El tipo de viviendas en las comunidades en su mayoría es de sistema mixto y de lámina. Lo que depende del ingreso económico familiar lo cual permite a las familias realizar mejoras en su casa, y además de las necesidades propias de cada una.

### 6.1.8. Materiales de construcción de las viviendas

Figura 8. Materiales de construcción que predominan en las viviendas de las cuatro comunidades



Fuente: Propia estudio de la investigación.

El material del techo en El Almendro en un 73% es de teja, en un 18% es de lámina metálica y en un 9% de teja con lámina. En el Espíritu Santo el 33% es de teja, en un 67% es de lámina metálica. En la Cabaña en un 60% es de teja y en un 40% lámina metálica y en el Plantel en un 70% de teja y en un 30% teja con lámina.

El material del piso en El Almendro en un 18% es de tierra, en un 36% de losa de cemento y en un 45% ladrillo de cemento. En el Espíritu Santo en un 100% es de tierra. En la Cabaña en un 80% es de tierra y en un 20% ladrillo de cemento. En el Plantel en un 50% es de tierra, en un 17% de losa de cemento y en un 33% ladrillo de cemento. La mayoría de las comunidades el piso es de tierra, debido a que las personas no tienen ingresos suficientes para adquirir otro tipo de material.

Las paredes de las viviendas en El Almendro en un 55% es de sistema mixto, en un 27% es bahareque, y en un 9% de adobe y lámina metálica. En el Espíritu Santo el 55% son sistema

mixto, y en un 45% es de bahareque. En la Cabaña en un 60% es de sistema mixto, y en un 20% de bahareque y lamina metálica y en el Plantel en un 70% es de sistema mixto, y en un 30% de bahareque.

Las viviendas mostraron las siguientes características generales techo de teja, piso de tierra en la mayoría de las comunidades, paredes sistema mixto, bahareque.

Otro efecto de las remesas que reciben las familiares desde el exterior ha contribuido a cambios estructurales en la economía rural y en las mejoras de sus viviendas. El promedio de las remesas enviadas mensualmente a los hogares rurales más o menos de \$121.00 dólares, equivalente a un salario mínimo. Las remesas han contribuido a diversificar los medios de vida, invirtiendo en comprar alimentos, medicina, posibilitar estudios y mejorar las viviendas, así como para el establecimiento de pequeños negocios.

Las familias de menores recursos económicos son las que tienen menos posibilidades de mejorar sus viviendas. Muchas de estas remesas hasta cierto punto no motiva a las familias a desarrollar sus capacidades productivas, de ahorro o de inversión. Sin embargo se tiene que tomar en cuenta que en situaciones precarias de vida es difícil no destinar cualquier ingreso al consumo mínimo o equivalente a una parte de la canasta básica.

## **6.2. Acceso a servicios básicos de energía**

El tipo de servicio de energía en las cuatro comunidades en un 100% es de alumbrado eléctrico y en un 100% de las familias encuestadas tienen acceso a energía eléctrica.

El hecho de que las comunidades en estudio tengan acceso a la energía eléctrica representa una buena alternativa para impulsar el desarrollo rural en El Salvador.

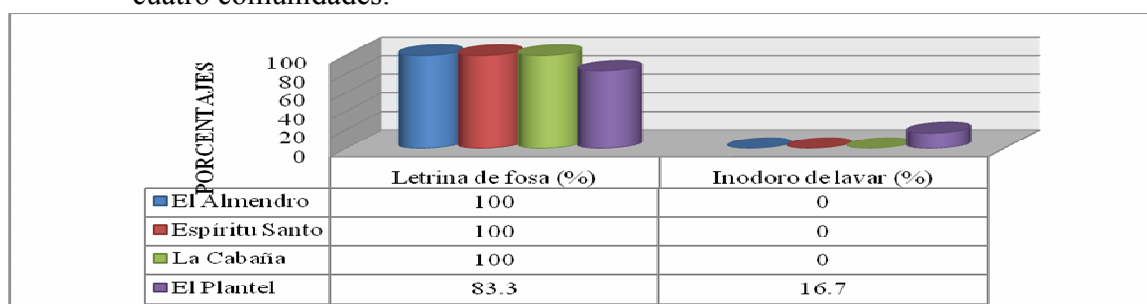
## **6.3. Aspectos ambientales**

Algunos de los aspectos ambientales considerados en las comunidades fueron: Tipo de servicio sanitario en las viviendas, manejo de los desechos sólidos, cómo se almacena el agua,

manejo de los recipientes de almacenamiento del agua.

### 6.3.1. Tipo de servicio sanitario en las viviendas

Figura 9. Porcentajes del tipo de servicio sanitario en las viviendas de los pobladores de las cuatro comunidades.

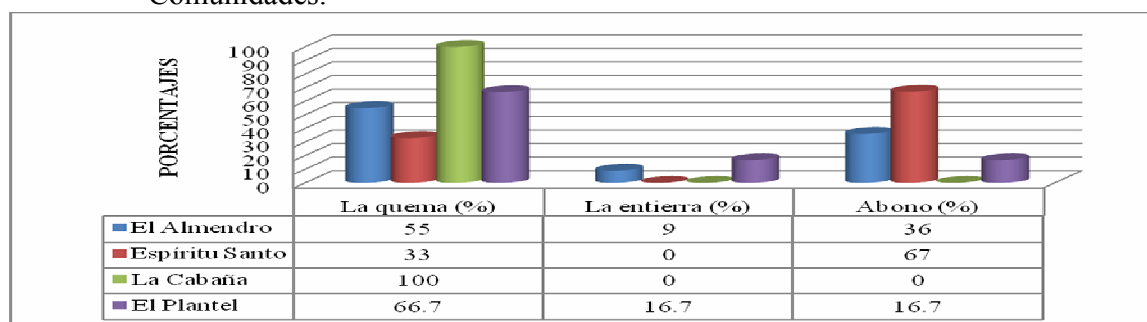


Fuente: Propia estudio de la investigación.

El tipo de servicio sanitario predominante es letrina de fosa, en la comunidad El Plantel hacen uso de inodoro de lavar, el 16.7% de las familias, ya que tienen mejor capacidad económica, porque reciben remesa. El resto de las familias en las otras comunidades, no tienen los recursos económicos suficientes para tener ese tipo de servicio. El uso de letrinas de fosa contribuye a contaminar los mantos acuíferos, ya que la materia fecal es arrastrada en época de lluvia hacia los estratos más profundos de la tierra, lo que provoca la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, ocasionando problemas de salud a las personas que hacen uso de este recurso.

### 6.3.2. Manejo de desechos sólidos

Figura 10. Porcentaje de familias según el tipo de manejo de desechos sólidos en las cuatro Comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

El manejo de los desechos sólidos en su mayoría es por quema, en El Almendro es de un 55%, en el Espíritu Santo es de un 33%, en la Cabaña es el 100% y en el Plantel de un 66.7%. El manejo de enterrarla en El Almendro es de un 9% y en el Plantel de un 16.7%, y la usan como abono en un 36% en El Almendro, en el Espíritu Santo en un 67% y en el Plantel en un 16.7%.

Al eliminar la basura quemándola, produce contaminación al ambiente y también daños a la salud de las personas mayores y niños por la inhalación del humo, ya que las partículas muy pequeñas se impregnan en las paredes de la tráquea, bronquios y bronquiolos, contribuyendo a la aparición de enfermedades respiratorias como bronquitis, enfisema, cáncer; también puede afectar el corazón y el sistema circulatorio. Al enterrarla, el suelo tiene la capacidad de absorber los contaminantes que se filtran o de transformarlos hasta agotar su capacidad, aunque con el tiempo, el suelo se puede convertir en fuente de contaminación de las aguas subterráneas.

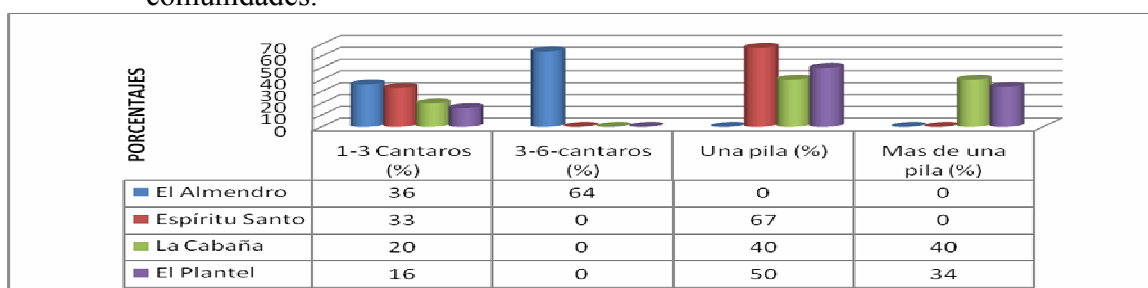
Las diferentes formas en que eliminan los residuos se deben a que carecen de tren de aseo y éstas son las alternativas que disponen.

#### 6.4. Usos del agua en las comunidades

El agua en las comunidades es un bien ampliamente utilizado como: para usos personales y domésticos, que incluyen el consumo, (preparación de alimentos y la higiene personal).

##### 6.4.1. Consumo de agua

Figura 11. Porcentaje de familias según cantidad de agua utilizada por día, en las cuatro comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

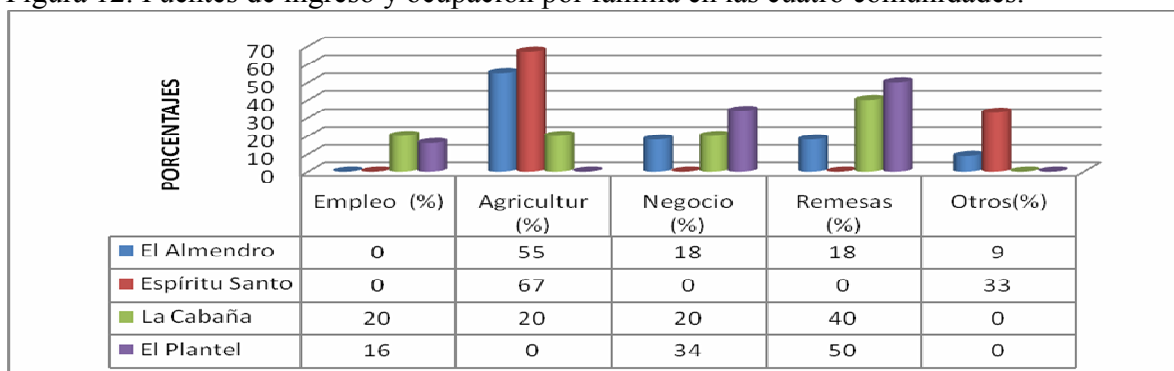
Utilizan agua en cantidades de 1 a 3 cántaros por día, en un 36% en El Almendro, en un 33% en el Espíritu Santo, en un 20% en la Cabaña y en un 16% en el Plantel. La cantidad utilizada en mililitros por cántaro (1875mL). De 3 a 6 en El Almendro en un 64% lo que equivale en mililitros (5,625- 11,250ml). Cantidad de agua por pila/día, en el Espíritu Santo 67%, en la Cabaña en un 40% y en el Plantel en un 50%. Utilizan más de una pila con agua en la Cabaña en un 40% y en el Plantel en un 34%. La cantidad de agua consumida al día, va a depender de las necesidades básicas de cada una de las familias.

Según lo establecido por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) el consumo medio mundial de litros de agua por persona es de 1800 litros. Si es menos de 1700m<sup>3</sup> anuales por habitante entonces se sufre de escasez de agua en las cuatro comunidades, lo que contribuye en la calidad de vida de los habitantes de la zona.

## 6.5. Aspectos económicos

### 6.5.1 Fuente de Ingreso

Figura 12. Fuentes de ingreso y ocupación por familia en las cuatro comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

La fuente de ingreso en El Almendro está representado en un 55% por agricultura, un 18% por remesa y negocio y el 9% en otras actividades como lavado de ropa, cuidado de casa. En el Espíritu Santo, la agricultura lo representa el 67% y en otras actividades un 33%.

En La Cabaña el 20% está representada en actividades como: empleo, agricultura y negocio, y un 40% su ingreso es por remesa. En el Plantel la fuente de ingreso es por remesa en un 50%, el negocio con un 34% y el empleo en un 16 %.

La fuente de ingreso que predomina en las comunidades El Almendro y Espíritu Santo es la agricultura, en cambio en la Cabaña y el Plantel está representado en su mayoría por la remesa.

Aunque es una zona agrícola no en todas las comunidades cultivan. Según los agricultores producen solo lo que es suficiente para alimentar a sus familias, y no les permite comercializar lo que producen, ni ahorros para adquirir herramientas e insumos agrícolas que aumentarían sus ingresos.

La otra fuente de ingreso que tienen sobretodo en La Cabaña y El Plantel es por remesa la que hacen uso para cubrir sus necesidades básicas y cuando se puede la utilizan para inversión.

En base a lo anterior se puede decir que las fuentes de ingreso más importantes en las comunidades son la agricultura y las remesas.

Las remesas son utilizadas para mitigar los efectos de la crisis económica y social su función es la búsqueda por solventar la necesidad de sobrevivencia, mayores oportunidades y mejores niveles de vida.

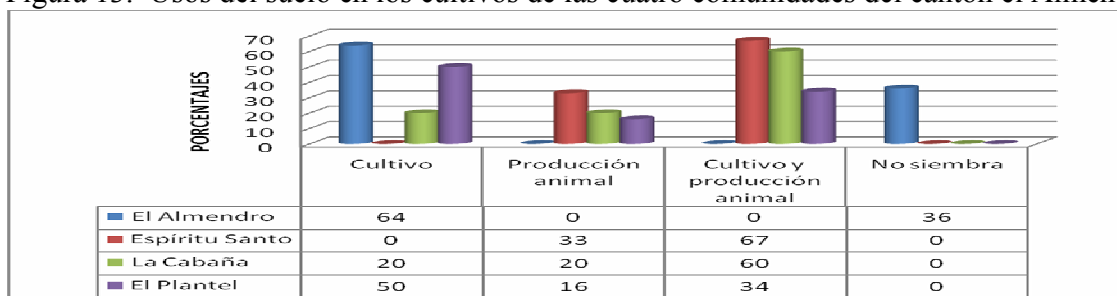
El dinero es utilizado para consumo de medicinas, alimentación, vestuario y educación, después de estos rubros si se tienen excedentes, las prioridades son las reparaciones de la vivienda.

En las parcelas que utilizan los agricultores, producen solo lo suficiente para alimentar a la familia que trabaja en ella, lo cual no permite crecimiento o acumulación de capital y mejorar la actividad agrícola.

La seguridad alimentaria depende de productos como frijoles y maíz, aunque por el momento no hay escasez. Pero si en los ciclos de siembra cuando se empiezan a agotar las reservas y la escases se presenta cuando no hay cosecha.

## 6.5.2 Usos del suelo

Figura 13. Usos del suelo en los cultivos de las cuatro comunidades del cantón el Almendro.



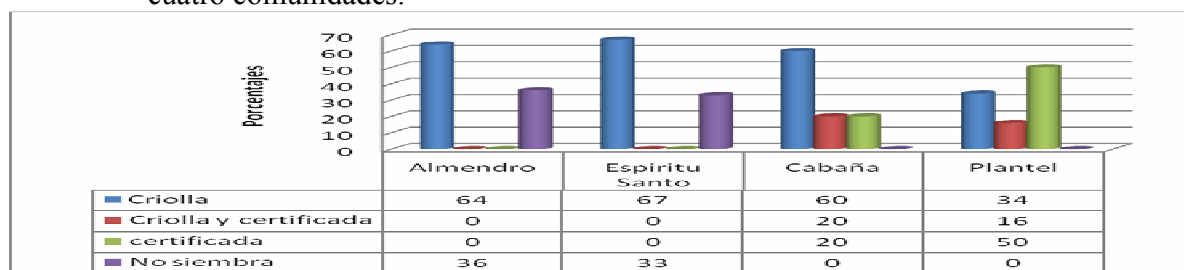
Fuente: Propia estudio de la investigación.

El uso del suelo en El Almendro en un 64% es para cultivos, en el Espíritu Santo es de un 20% y en el Plantel de un 50%. Para la producción animal en el Espíritu Santo es de un 33%, en la Cabaña de un 20% y en Plantel de un 16%. Utilizan cultivo y producción animal en un 67% en el Espíritu Santo, en un 60% en la cabaña y un 34% en el Plantel. No siembran en un 36% en el Almendro. Muchos de los pobladores ya no se dedican a estas actividades, provocando reducción de la dependencia de la producción agrícola debido que los ingresos económicos son pocos o esporádicos y que dependen de ayudas como las remesas.

Las comunidades que producen y cultivan se deben a que existen mayores recursos disponibles y tienen acceso a tierras que pueden cultivar.

## 6.5.3. Tipo de semilla

Figura 14. Porcentajes del tipo de semilla, utilizada por los agricultores de las cuatro comunidades.



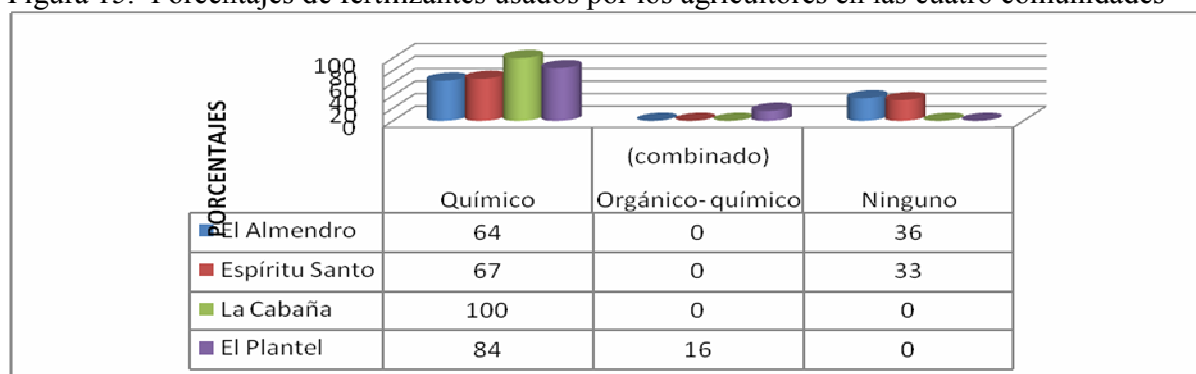
Fuente: Propia estudio de la investigación.

Utilizan semilla criolla en El Almendro en un 64%, en el Espíritu Santo en un 67%, en la Cabaña en un 60% y en el Plantel en un 34%. Utilizan semilla criolla y certificada en la Cabaña en un 20% y en el Plantel en un 16%. La certificada la utilizan en la Cabaña en un 20% y en el Plantel en un 50%. No siembran en El Almendro en un 36% y en el Espíritu Santo en un 33%.

Las cuatro comunidades utilizan el tipo de semilla criolla, que no tienen que pagar por adquirirla por tener semilla, y son variedades adaptadas a la zona que no requieren, mayor inversión para la producción. Los que utilizan semilla certificada tienen como adquirirlas en un agro servicio. El uso de semilla criolla es un signo de agricultura de subsistencia.

#### 6.5.4. Uso de fertilizantes

Figura 15. Porcentajes de fertilizantes usados por los agricultores en las cuatro comunidades



Fuente: Propia estudio de la investigación.

El uso de fertilizantes de los agricultores es de tipo químico en El Almendro en un 64%, en el Espíritu Santo en un 67%, en la cabaña es el 100% y en el Plantel en un 84%. El combinado es utilizado en el plantel en un 16% y ningún uso en El Almendro en un 36% y en el Espíritu Santo en un 33%. Debido a que no siembran. Los agricultores de la zona norte utilizan fertilización química, sulfato, formula y urea. La cual es por tradición familiar en los habitantes de las comunidades.

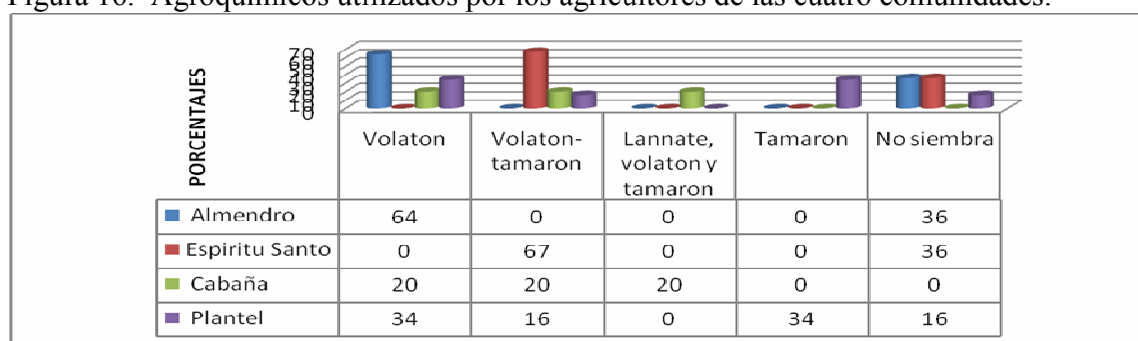
Los fertilizantes utilizados introducen entre otros elementos fósforo y nitrógeno, que favorecen las algas en aguas superficiales (Turbidez, olor, color, sabor desagradable). Además los insecticidas, pesticidas y otros pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Aún



cuando no sean abonos y pesticidas la agricultura afecta a la calidad de las aguas subterráneas y de los ríos que las drenan por simple concentración de sales y por alteración de los procesos del suelo que puede dar origen a un elevado contenido de nitratos.

### 6.5.6. Tipo de agroquímico

Figura 16. Agroquímicos utilizados por los agricultores de las cuatro comunidades.

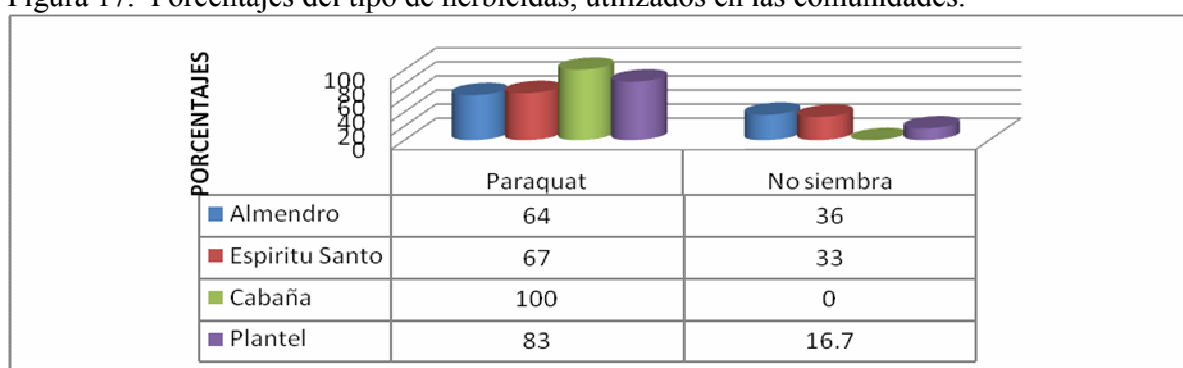


Fuente: Propia estudio de la investigación.

El tipo de agroquímico utilizado en los cultivos es volaton- tamaron y tres de las comunidades no cultivan ningún producto.

### 6.5.7. Tipo de Herbicida

Figura 17. Porcentajes del tipo de herbicidas, utilizados en las comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

El mayor porcentaje de los que cultivan utilizan el paraquat para sus cultivos; en la Cabaña en un 100%, en el Plantel en un 83%, en El Almendro en un 64% y en el Espiritu Santo en un

67%. No siembra en un 36% en El Almendro, en el Espíritu Santo en un 33% y en un 16.7% en El Plantel.

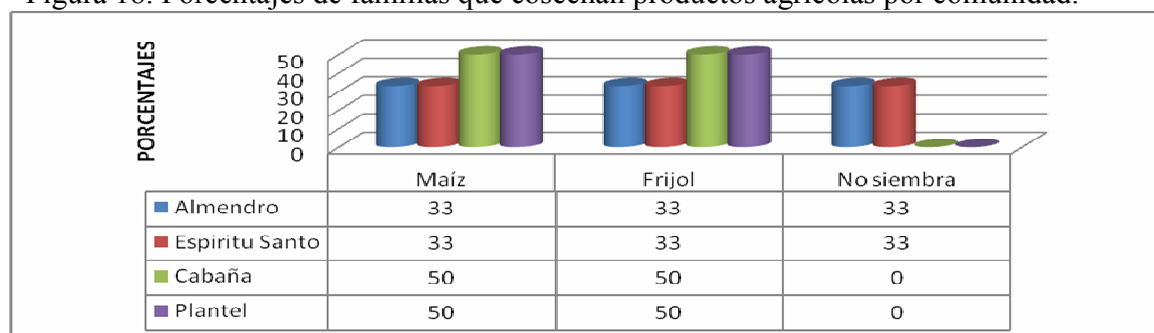
Las cuatro comunidades en un mayor porcentaje utilizan como herbicida el paraquat.

El efecto en la salud que produce el paraquat que es un herbicida que se conoce también como Gramoxone, es un herbicida di fenilo, que pertenece a la docena maldita. Existe envenenamiento por ingestión, penetración cutánea, inhalación y absorción a través de heridas. Los efectos que produce en las personas son dolor de cabeza, temblores, diarrea, insuficiencia respiratoria, alta toxicidad aguda y efectos irreversibles en los pulmones y riñones.

El efecto que produce en el medio ambiente es contaminar las aguas subterráneas es moderadamente toxico para aves y peces. Por ser altamente persistente se ha prohibido su uso en muchos países.

#### 6.5.8. Productos agrícolas que se producen en las comunidades

Figura 18. Porcentajes de familias que cosechan productos agrícolas por comunidad.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

Como se muestra en la figura los productos que se producen en las comunidades son maíz y frijoles en mayores porcentajes y una minoría no siembran como en El Almendro y en el Espíritu Santo.

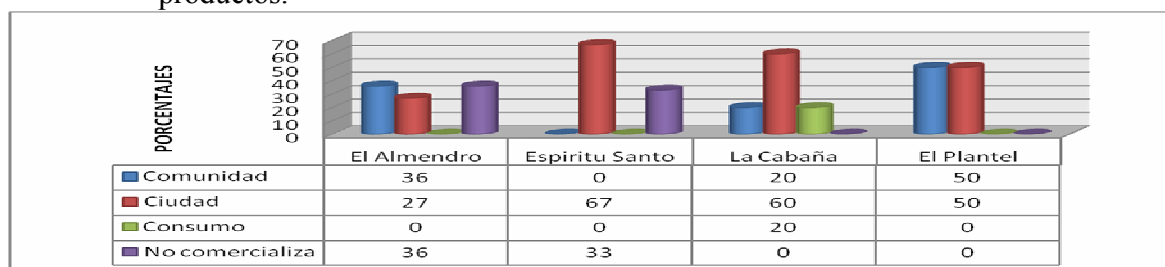
La producción agrícola de los agricultores de las comunidades es maíz y frijoles.

La seguridad alimentaria depende de productos como maíz, frijoles aunque por el momento no hay escasez, pero si en ciclos de siembra cuando se empieza a agotar las reservas y la escasez se va haciendo mas patente mientras no hay cosechas.

En el país la seguridad alimentaria se ve afectada por fenómenos naturales como huracanes y sequías, los que conllevan la disminución de la producción de granos (principalmente maíz) que constituyen la base de la dieta familiar. Se agrega a lo anterior, el conflicto interno que por más de doce años dejó a buena parte de la población en la pobreza. Estos factores han vulnerado la capacidad física y económica de adquirir alimentos.

### 6.5.9. Comercialización de productos

Figura 19. Porcentajes de la forma en que las familias de las comunidades comercializan sus productos.



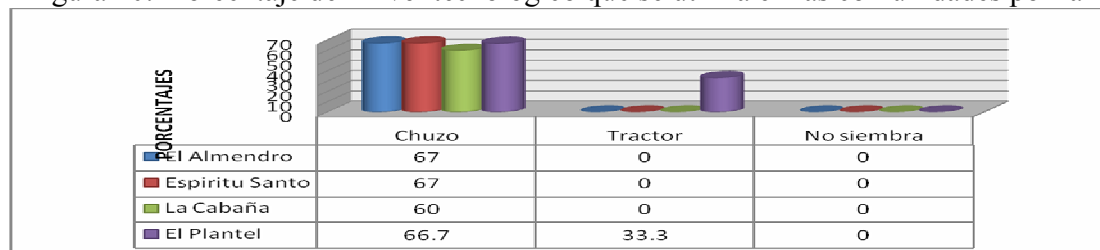
Fuente: Propia estudio de la investigación.

Los pobladores de las comunidades comercializan sus productos según la comunidad en un 50% el Plantel lo hace en la comunidad y otro 50% lo vende en la ciudad, en cambio en El Almendro el 36% lo vende en la comunidad, el 27% en la ciudad y la Cabaña lo comercializa en un 60% en la ciudad, un 20% es de consumo y el otro 20% lo vende en la comunidad. De los productos que comercializan los agricultores en su mayoría es en la ciudad, un menor porcentaje es en la comunidad, solo un 20% lo utiliza para consumo en la comunidad la Cabaña, el resto lo comercializa en la ciudad en mayor porcentaje y en menor porcentaje en la comunidad.

La comercialización la realizan en la ciudad de Usulután donde venden el maíz, frijoles, y algunos animales que producen como gallinas. Los agricultores consideran que es más ventajoso vender en la ciudad, por las ganancias que obtienen, otro porcentaje lo venden en la comunidad cuando el producto es en menor cantidad y consideran que no obtendrán mucha ganancia, el resto es de consumo.

### 6.5.10. Nivel tecnológico

Figura 20. Porcentaje del nivel tecnológico que se utiliza en las comunidades por familia.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

En cuanto al nivel tecnológico de que hacen uso las cuatro comunidades en su mayor porcentaje es por chuzo. Un menor porcentaje es por el uso de tractor y otro porcentaje no siembra. El uso del chuzo es una tecnología sostenible que no requiere de ningún gasto económico para su utilización, la zona donde producen sus cultivos es en ladera. El uso de tractor es en menor porcentaje ya que esta tecnología requiere de dinero para pagarla, su uso permite ahorro de mano de obra y mayor productividad por área cultivada.

En resumen en el área económica, los pobladores de las cuatro comunidades del cantón El Almendro del municipio de Jucuaran, Usulután se dedican a la producción de granos básicos maíz y frijol, con una economía de subsistencia, las principales fuentes de ocupación son la agricultura, labores domesticas, la producción agrícola maíz, frijoles, aves de corral. Adicional a todo lo anterior los pobladores dependen mucho de factores externos como la remesa.

## 6.6. ASPECTO SALUD

El municipio de Jucuaran cuenta con dos unidades de salud y una casa de salud financiada por fondos del estado. Una en el cantón Guarola, adyacente a la cabecera municipal, en el casco urbano funciona una clínica parroquial con visitas periódicas a las comunidades contando con dos médicos y dos enfermeras.

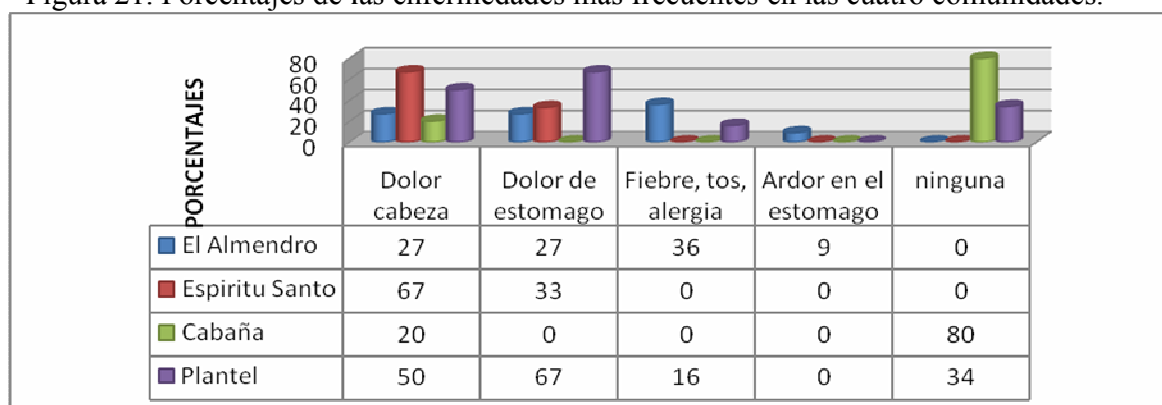
### 6.6.1. Visita unidad de salud u hospital cercano

Los períodos de visita que efectúan los miembros de las cuatro comunidades a la red hospitalaria es muy limitado debido a la distancia que hay que recorrer y sus recursos económicos no se los permite.

Los promotores de salud que visitan las comunidades la función que ejercen es de medidas preventivas, la frecuencia de las visita en los hogares es de una a dos veces por semana. En algunas ocasiones les proporcionan medicamentos que puedan aliviar malestares o dolores. En los casos de gravedad se remiten a las unidades de salud cercanas a las zonas del municipio.

### 6.6 2. Enfermedades más frecuentes

Figura 21. Porcentajes de las enfermedades más frecuentes en las cuatro comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.

Las enfermedades más frecuentes son dolor de cabeza en El Almendro en un 27%, en el Espiritu Santo en un 67%, en la Cabaña en un 20% y en el Plantel en un 50%. Padecen de dolor de estómago en un 27% en El Almendro en un 33% en el Espiritu santo y en un 67% en el Plantel. Aunque un porcentaje del 80% en la comunidad la Cabaña manifiesta no padecer de ninguna enfermedad esto no indica que no puedan padecer de alguna otra enfermedad.

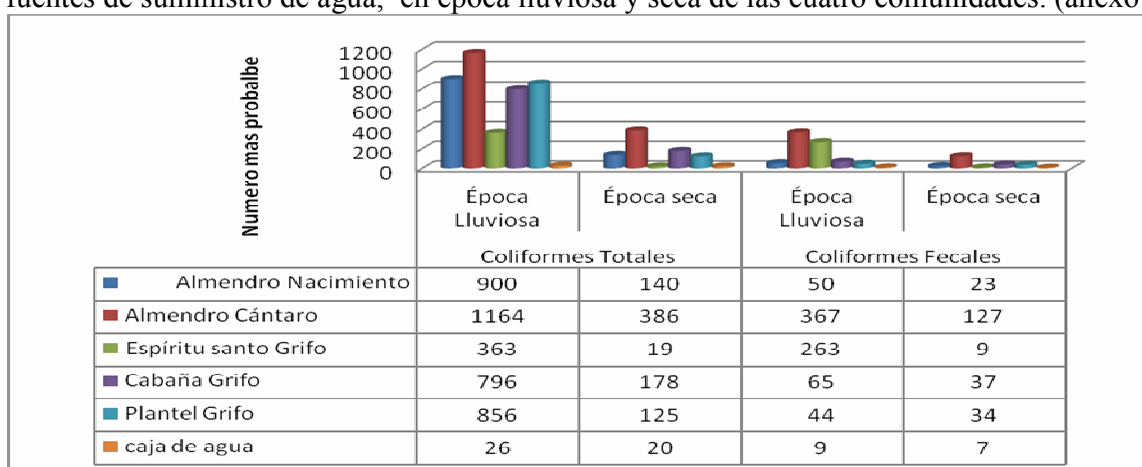
Las enfermedades que más padecen son de dolor de cabeza y dolor de estómago, resultado que puede ser por el humo de la cocina dentro de las viviendas, y el dolor estómago se puede al consumo de agua contaminada.

## 6.7. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano

### 6.7.1 Calidad Microbiológica del agua

Para el análisis microbiológico se han considerado las diferentes fuentes de suministro de agua de las familias como: grifo, cántaro y nacimiento.

Figura 22. Resultados de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli* en las fuentes de suministro de agua; en época lluviosa y seca de las cuatro comunidades. (anexo 4)



Fuente: Propia estudio de la investigación.

Todos los valores obtenidos de Coliformes totales, en época lluviosa y época seca de las diferentes fuentes de suministro de agua. Presentaron valores altos, al compararlos con la Norma Oficial Salvadoreña. NSO 13.07.01:99 (anexo 4 ).

Encontrándose el valor más alto en la comunidad El Almendro 1164 NMP/100 mL y el más bajo en el nacimiento caja de agua de 26 NMP/ 100 mL en la época lluviosa.

En la época seca, el valor más alto fue de 386 NMP/ 100 mL en la comunidad El Almendro y el más bajo fue de 20 NMP/100 mL en el nacimiento caja de agua.

Los valores encontrados en las dos épocas, están fuera de los límites de acuerdo a lo establecido por norma oficial salvadoreña (<1.1NMP/100 mL) para calidad de agua potable.

El agua de las cuatro comunidades presenta contaminación de heces de origen humano y de origen animal, la cual proviene de las letrinas de fosa así como las heces del ganado y el mal estado de las tuberías; contribuyendo a la incidencia de enfermedades gastrointestinales en las comunidades. El número de Coliformes Totales en el agua, es proporcional al grado de contaminación fecal, mientras mas Coliformes se aíslan mayor es la descarga de heces humanas y de animales.

Los valores son mayores en la época lluviosa que en la época seca debido al arrastre de materia orgánica y de partículas en suspensión que llegan a los mantos acuíferos contaminando de esta manera el recurso agua.

Coliformes fecales, el agua de las cuatro comunidades presenta menor contaminación de coliformes fecales, por lo que la mayor contaminación proviene de heces de animales que pastorean a los alrededores.

Todos los valores obtenidos de Coliformes fecales en época lluviosa y época seca de las fuentes de suministro de agua presentaron valores altos, al compararlos con la Norma Oficial Salvadoreña. NSO 13.07.01:99 (resultados en anexo 4).

En la época lluviosa el valor mas alto lo presento El Almendro con valor de 367 NMP/100 mL, y el mas bajo de 9 NMP/100 mL en el nacimiento la caja de agua.

En la época seca el valor mas alto de 127 NMP/ 100 mL se encontró en la comunidad El Almendro en las muestras de cántaro y el más bajo 7 NMP/100 mL, en el nacimiento caja de agua.

En la época lluviosa la contaminación es mayor que en la época seca debido al arrastre de materia orgánica. Los resultados indican que hay contaminación por bacterias del grupo coliforme fecal, por lo que es necesario que se realicen procesos de desinfección en la fuentes de suministro de agua antes de ser utilizada para el consumo humano.

Los valores encontrados en las dos épocas no cumplen los requerimientos microbiológicos establecidos en la Norma Oficial Salvadoreña NSO 13.07.01.99 para agua potable (negativo). Ninguna de las fuentes de agua es apta para consumo humano.

Los resultados obtenidos para Coliformes totales y Coliformes fecales demuestran que la mayor parte de la contaminación proviene de heces de origen animal, lo que se debe al pastoreo de animales alrededor de los mantos acuíferos y en menor cantidad por heces humanas al uso de letrinas de fosa, que contaminan el agua cuando hay arrastre de los desechos humanos y de animales en época lluviosa.

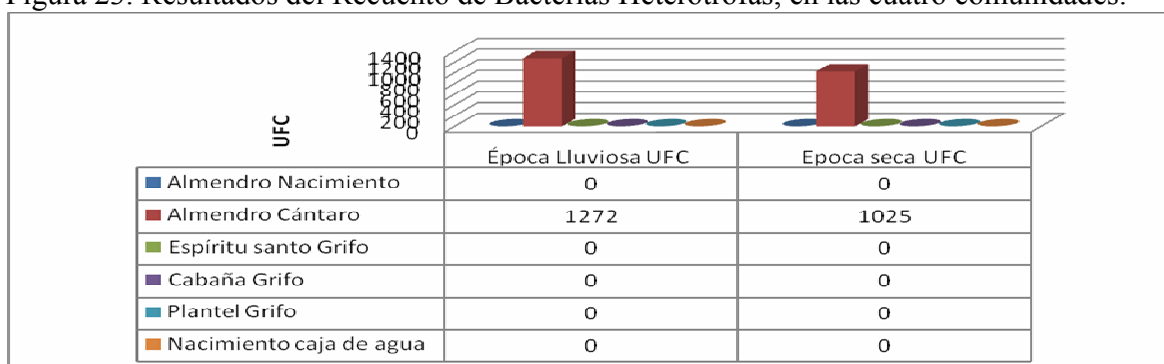
El 100% de las fuentes de suministros de agua mostraron contaminación por *Escherichia coli* en las dos épocas siendo el resultados positivo (+).

El agua que consumen no es apta para el consumo humano y no cumplen con los requerimientos microbiológicos establecidos en la Norma Oficial Salvadoreña (negativo).

Indicando que en las fuentes de suministro de agua se da contaminación por bacterias del grupo coliforme fecal y específicamente de *Escherichia coli*. Que es indicador de contaminación con heces fecales humanas. Convirtiéndose en uno de los principales vehículos de transmisión, que afecta a los grupos mas desprotegidos de la población entre ellos, a los ancianos y niños.

Desde el punto de vista salud, la contaminación más importante es la microbiológica y las fuentes de esa contaminación son las que deben vigilarse con mayor atención.

Figura 23. Resultados del Recuento de Bacterias Heterótrofas, en las cuatro comunidades.



Fuente: Propia estudio de la investigación.



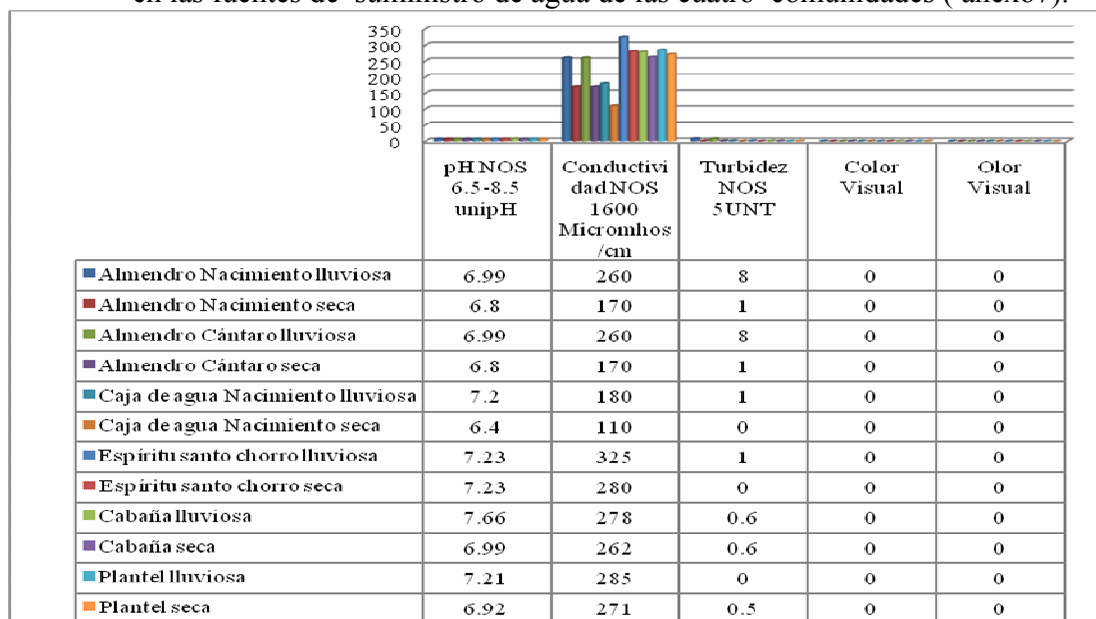
De todos los valores obtenidos del recuento de bacterias heterótrofas en las dos épocas, las muestras tomadas de la comunidad El Almendro (cántaros). No cumplen con lo requerimientos microbiológicos establecidos en la Norma Oficial Salvadoreña. NSO 13.07.01.99. (<100 UFC/mL) (Anexo 4).

Los resultados indican que los depósitos donde almacenan el agua no tienen una limpieza adecuada y desinfección periódica. Lo que favorece la colonización de microorganismos en las paredes de los recipientes de agua. Ocasionando problemas a la salud, por el consumo del agua.

### 6.8. Calidad física del agua

En los resultados físicos del agua se mencionan límites permisibles dados por la Norma Oficial Salvadoreña NSO 13.07.01.99. (CONACYT). Para agua potable para cada parámetro con el fin de tener un valor guía para comparar los resultados obtenidos en época lluviosa y época seca (anexo 4).

Figura 24. Resultados de pH, Conductividad, turbidez, color y olor en época lluviosa y seca en las fuentes de suministro de agua de las cuatro comunidades ( anexo7).



Fuente: Propia estudio de la investigación.

Los parametros fisicos que se analizaron en el agua de las cuatro comunidades presentaron los siguientes valores.

Los rangos de pH que se obtuvieron no presentaron ningún valor alto ni bajo de acuerdo a la Normativa Obligatoria Salvadoreña por lo que el pH del agua esta dentro del rango permitido.  
6.5- 8.5 unipH

Los valores encontrados son convenientes según la norma salvadoreña. Por lo que el agua que consumen los pobladores no presenta problemas de acidez.

Los valores de turbidez varían de no detectados a valores de  $>5\text{UNT}$  en época lluviosa y seca, sobrepasando el límite los valores encontrados en la comunidad El Almendro y El Plantel en época lluviosa. Que es causada por la variedad de materiales en suspensión que son arrastrados por las aguas lluvias, los que varían en tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo, material orgánico e inorgánico finamente dividido, plancton y otros organismos microscópicos.

En la época seca los valores cumplen el límite dado por la Norma. Debido a que no hay arrastre de partículas sino que estos quedan sedimentados.

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Es muy importante mencionar que niveles elevados de turbidez generan un aumento de la temperatura en el agua, ya que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar. Además, disminuye la fotosíntesis, generando una reducción en la cantidad de oxígeno disuelto.

Los valores de conductividad presentaron variación en época lluviosa encontrándose el valor más alto de 325 micromhos/cm en el Espíritu Santo y el más bajo de 180 micromhos/cm en el nacimiento caja de agua.

En época seca el valor más alto de 280 micromhos/cm en el Espíritu Santo y el más bajo de 110 micromhos/cm en el nacimiento caja de agua

Los valores encontrados en las dos épocas están dentro de lo establecido por la Norma Oficial Salvadoreña. Indicando que no está siendo alterada por los iones presentes en el agua.

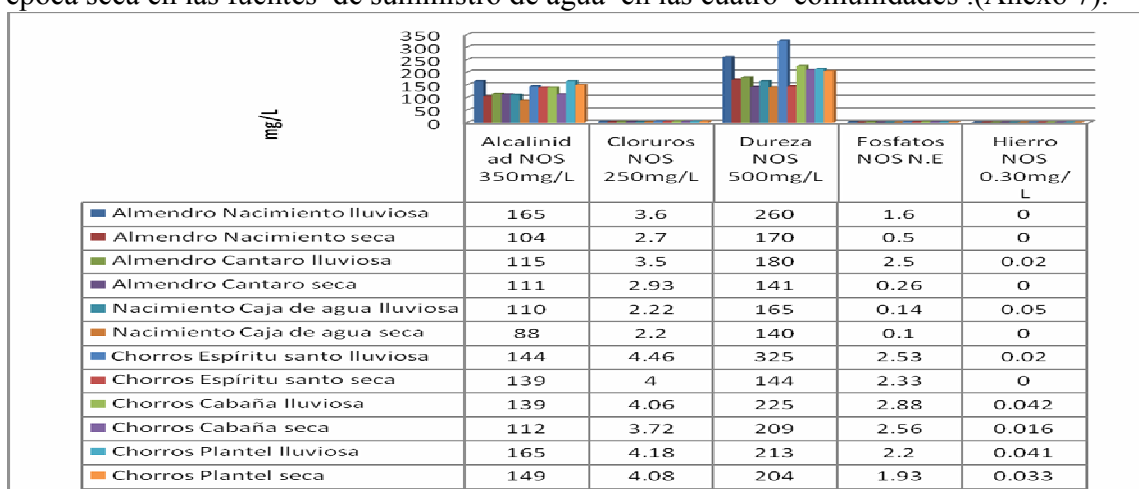
Los resultados de color, y olor no se detectaron en el agua tanto en época seca como lluviosa, por lo que no presentan problemas con estos parámetros.

Desde el punto de vista físico. La calidad del agua en las comunidades es buena en lo que respecta a los parámetros analizados, y no está siendo alterada en sus características, según los requerimientos físicos establecidos por la norma. No sobrepasan sus límites máximos. Excepto la turbidez que presento valores mayores de lo establecido.

## 6.9. Calidad Química del agua

En los resultados químicos del agua se mencionan límites permisibles para cada parámetro con el fin de tener un valor guía para poder comparar los resultados obtenidos en las dos épocas. Los resultados de los parámetros físico químicos analizados en época seca y lluviosa se presentan en el (anexo7)

Figura 25. Resultados de alcalinidad, cloruros, dureza, fosfato, hierro, en época lluviosa y época seca en las fuentes de suministro de agua en las cuatro comunidades. (Anexo 7).



Fuente: Propia estudio de la investigación.

Los parametros quimicos que se analizaron en el agua de las cuatro comunidades presentaron los siguientes valores:

La Alcalinidad en época lluviosa el valor más alto de 165 mg/L se encontró en El Almendro y el Plantel. Y el valor más bajo 110 mg/L en el nacimiento caja de agua. En época seca el valor más alto de 149 mg/L se encontró en El Plantel. Y el valor más bajo de 88 mg/L en el nacimiento caja de agua.

Al comparar los valores de las dos épocas con los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Salvadoreña (350 mg/L) no sobrepasan el límite dado. Por lo que la calidad del agua no se ve afectada por bicarbonatos ni carbonatos.

El contenido de cloruros en época lluviosa presento valores que oscilan 4.46- 2.22 mg/L, siendo el valor más alto de 4.46 mg/L en el Espíritu santo y el más bajo en el nacimiento caja de agua de 2.22 mg/L.

En la época seca los valores oscilaron de 4.08- 2.20 mg/L, el valor más alto se encontró en el Plantel y el más bajo en el nacimiento caja de agua.

El contenido de cloruros época lluviosa y seca no sobrepasa el límite dado por la Norma Oficial Salvadoreña. Por lo que no afecta el sabor del agua, por ser una sal que esta presente en las fuentes de abastecimiento de agua.

Los valores de Dureza en época lluviosa oscilaron en 325 mg/L y 165 mg/L encontrando el valor mas alto en el Espíritu Santo y el valor más bajo en nacimiento caja de agua. Los valores obtenidos no sobrepasan el límite dado por la Norma Salvadoreña que es de 500 mg/L, indica que presenta cantidad permitida de carbonatos de calcio y de magnesio.

Los valores de Fosfatos en época lluviosa oscilaron entre 0.14 mg/L y 2.88 mg/L presentando el valor más alto La Cabaña (2.88 mg/L), y el valor más bajo en (0.14 mg/L) en el nacimiento caja de agua

Los valores en época seca oscilaron entre 0.10 mg/L- 2.56 mg/L, el más bajo se encontró en el nacimiento caja de agua y el más alto en La Cabaña.

Los valores de fosfato en época lluviosa sobrepasan el límite dado por la norma colombiana (0.2 mg/L) en la comunidad el Almendro, Espíritu santo, La Cabaña y el Plantel. En época seca lo sobrepasa en el Espíritu Santo y la Cabaña. Se tomo la normativa colombiana como referencia ya que la Norma Salvadoreña, no especifica limite para este parámetro.

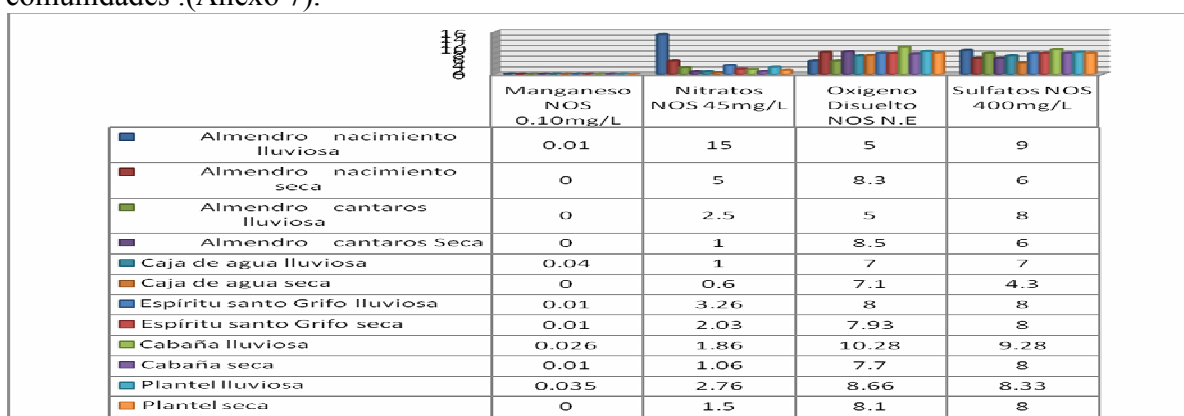
Los fosfatos en concentraciones altas provocan la proliferación de algas y plantas acuáticas lo que producen saturación en el agua las cuales al morir se descomponen, reduciendo el contenido de oxígeno ya que estas utilizan grandes cantidades para sobrevivir.

La presencia de fosfatos indica que hay contaminación por jabones, detergentes, lejía y Fertilizantes.

Se encontró presencia de hierro en época lluviosa, en el nacimiento caja de agua, en el Espíritu santo, Cabaña y Plantel en época seca y lluviosa.

Los valores encontrados de hierro, no sobrepasan el limite dado por la Norma oficial que es de 0.30 mg/L. Lo que indica que las tuberías de los sistemas de distribución no son tuberías antiguas que podrían reaccionar con el hierro.

Figura 26. Resultados de manganeso, nitratos, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y sulfatos. En época lluviosa y época seca en las fuentes de suministro de agua en las cuatro comunidades. (Anexo 7).



Fuente: Propia estudio de la investigación.

De los diferentes parámetros analizados en las cuatro comunidades se obtuvieron los valores siguientes:

Manganeso en época lluviosa oscilaron en rangos de no detectados en el Almendro y de 0.035 mg/L en el Plantel. En época seca fueron de 0.01 mg/L, en El Espíritu santo y la Cabaña.

Los cuales no sobrepasan el límite dado (0.10 mg/L) de la Norma Oficial Salvadoreña. Por lo que no afectan la calidad del agua de las cuatro comunidades estudiadas. Como podría ser el sabor amargo.

Los valores de Nitratos en época lluviosa oscilan entre 15 mg/L y 1.0 mg/L presentando el valor más alto 15 mg/L en el nacimiento el Almendro y de 1.0 mg/L en el nacimiento Caja de agua.

En época seca 5.0 mg/L en nacimiento El Almendro y 1.0 mg/L nacimiento caja de agua. Estos se mantienen dentro del nivel tolerable (45 mg/L) según Norma Oficial salvadoreña), para las cuatro comunidades.

Desde el punto de vista de la potabilidad, los nitratos no son nocivos, comunicando al agua un sabor agradable. Ahora bien, por su posibilidad de reducirse a nitritos, las aguas que tienen un contenido excesivo de nitratos no se deben tomar y menos los niños, porque en el medio gástrico de los mismos se desarrolla una abundante flora bacteriana reductora, capaz de reducir los nitratos a nitritos, lo que puede provocar cianosis.

Los valores de Oxígeno Disuelto en época lluviosa oscilan entre 5 mg/L a 10.28 mg/L siendo el valor de 5 mg/L en la comunidad el Almendro en los cantaros y el nacimiento. El valor 10.28 mg/L en la Cabaña. En época seca oscilaron entre 7.7 mg/L- 8.5 mg/L presentando el valor 8.5 mg/L el Almendro y el 7.7 mg/L la Cabaña.

Los valores encontrados en la comunidad el Almendro se encuentran fuera de los límites dados por la normativa para aguas crudas superficiales 6.5-7.0 mg/L dadas por (OMS)

Tomando este valor ya que la normativa salvadoreña no especifica límite para el oxígeno disuelto. El oxígeno disuelto facilita la reproducción de las bacterias en el agua por que asimilan el oxígeno presente en el agua.

Si bien el oxígeno disuelto no tendrá un efecto directo sobre los usuarios es importante para evitar la formación de cantidades indeseables de sulfuro de hidrógeno, que puede proporcionar mal olor al agua.

Los valores de sólidos totales época lluviosa presentaron valores entre 100 mg/L- 130 mg/L presenta el valor más alto 130 mg/L nacimiento el Almendro y el más bajo 100 mg/L en el nacimiento caja de agua. En época seca no presentaron variaciones en sus promedios.

Los valores encontrados de sólidos totales época lluviosa y seca están dentro de los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Salvadoreña. Lo que no afecta la calidad del agua.

Los valores de sulfato obtenidos en época lluviosa en las fuentes de agua de las cuatro comunidades oscilaron entre 9.28 mg/L a 7.0 mg/L, presentando el valor más alto la Cabaña y el valor más bajo nacimiento caja de agua.

De Los valores obtenidos en época seca el valor más alto lo presentaron la Cabaña y el Plantel y el más bajo nacimiento caja de agua.

Los valores de sulfatos época seca y lluviosa no sobrepasan los límites máximos establecidos por la Norma Oficial Salvadoreña. Por lo que su contenido no presenta problemas en la calidad del agua. ( Anexo 5).

Para dar cumplimiento al objetivo de socializar los resultados de la investigación con los líderes comunales de las cuatro comunidades de la zona Norte del municipio de Jucuaran. Usulután.

El proceso metodológico a seguir fue: invitar a los líderes comunales de las diferentes comunidades de la zona norte.

Se reunieron en la casa comunal donde se socializaron los resultados obtenidos a través de una presentación en la que se dieron a conocer los resultados obtenidos de la investigación realizada sobre la calidad del agua y los aspectos socioeconómicos y ambientales tomados de las encuestas. Y al mismo tiempo se dieron las recomendaciones para que los pobladores las retomem y puedan aplicarlas para prevenir los daños en el medio ambiente y realicen actividades que ayuden a mejorar su calidad de vida.

Finamente hubo participación de los asistentes, donde expresaron los beneficios recibidos de la investigación ( anexo 9,10,11,12 ).



## 7. CONCLUSIONES

La migración de los hombres tiene un efecto importante en la población económicamente activa ya que la mayoría de los hogares lo conforman las mujeres.

La fuente de ingreso en la mayoría de las familias es por remesa y agricultura, siendo los rubros principales el maíz y la producción animal.

Los agricultores en su mayoría fertilizan con productos nitrogenados, para incrementar la productividad de los cultivos, los cuales por el mal manejo y/o desconocimiento sobre su uso, aumentan los riesgos tóxicos al ambiente

La generalidad de los pobladores preparan los alimentos en cocina de leña dentro de las viviendas, lo que les ocasiona enfermedades respiratorias por la inhalación de los humos producidos por la leña.

La mayoría de los pobladores de las cuatro comunidades utilizan letrinas de fosa ubicadas en los patios ubicados cerca de las fuentes de agua lo que provoca contaminación a los mantos acuíferos por las infiltraciones.

La calidad física del agua con respecto a los parámetros analizados es buena, ya que la mayoría de estos cumplen con las especificaciones para agua potable de acuerdo a la Norma Oficial Salvadoreña (con excepción de la turbidez que sobrepasa el límite de 5 UNT en las comunidades El Almendro y El Plantel en época lluviosa, la cual se debe al arrastre de partículas en suspensión.

De los resultados químicos en las cuatro comunidades los fosfatos se encontraron fuera de los límites establecido por Norma colombiana (0.20 mg/L) tomando esta normativa ya que en el país no hay. Y es debido al uso de detergentes, jabones y lejías por los usuarios del recurso agua.

De acuerdo a la normativa del oxígeno disuelto para agua de contacto humano sobrepasan el límite en la comunidad el Almendro en época lluviosa. Lo que contribuye a la proliferación de la contaminación bacteriológica del agua.

El agua que abastece a las cuatro comunidades del cantón el Almendro del municipio de Jucuarán presentó conteo elevado de bacterias heterótrofas, lo que se debe a la falta de higiene y limpieza. Tanto de los nacimientos como los grifos de donde se abastecen del agua.

Los valores más altos de Coliformes fecales se observaron en la comunidad El Almendro, lo que refleja la presencia de contaminación fecal, que proviene de las letrinas de fosas que están ubicadas en la parte alta de los mantos acuíferos. La cual se ve favorecida por condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, oxígeno disuelto y humedad.

El recuento de heterótrofas en época lluviosa y seca en el agua que abastece a la comunidad el Almendro de acuerdo a la Norma Oficial Salvadoreña están fuera del límite máximo establecido, lo que indica que la contaminación se debe a la falta de limpieza de los depósitos donde almacenan el agua utilizada para todo uso.

La alta contaminación de Coliformes totales en las cuatro comunidades tanto en época lluviosa como en la época seca, se debe al arrastre y filtración de las heces humanas y de animales.

La contaminación por Coliformes fecales es menor en las cuatro comunidades en época lluviosa y seca. Aunque sobrepasan los límites máximos permitidos por la Norma Oficial Salvadoreña. Lo que indica que las heces de animales están afectando principalmente la calidad del agua.

La presencia de *Escherichia coli* en el agua utilizada en las cuatro comunidades indica contaminación con materia fecal

## 8. RECOMENDACIONES

Que las ONG busquen estrategias viables para la retención demográfica de los jóvenes de las comunidades, donde se le facilite el acceso a créditos rurales fáciles, con orientación hacia la producción agrícola y que participen en la restructuración de la calidad de los suelos y del agua de manera que satisfagan las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Que el Ministerio de Agricultura y Ganadería capacite a los agricultores de la zona norte, mediante charlas y asesorías técnicas sobre el uso y manejo de los productos utilizados para sus cosechas con alternativas amigables al ambiente en la diversificación de los cultivos,.

Que las ONG, Alcaldía gestionen proyectos de estufas amigables con el medio ambiente como la Ecocina y la cocina Lorena, para ahorrar el consumo de leña, disminuir las emanaciones de humos y reducción de infecciones respiratorias y visuales de quienes la usan.

Que la Alcaldía impulse programas de letrización, para el mejoramiento de la salud y desarrollo de las comunidades, y que sean construidas a una distancia de de 10 metros con respecto a la casa y como mínimo 15 metros de distancia de cualquier fuente o suministro de agua.

Que Medicus Mundi gestione proyectos de monitores de agua de la zona norte del municipio de Jucuaran. Y de a conocer los resultados obtenidos a los pobladores de las comunidades.

Que la Alcaldía, en coordinación con la unidad de salud de la zona y los líderes comunales realicen actividades educativas encaminadas a promover la protección de los recursos naturales y del medio ambiente a fin de lograr concientiza a la población y proteger la salud publica

Que a través de proyectos con ONG se monitoreen análisis de coliformes totales, coliformes fecales, nitratos, sólidos totales, turbidez, hierro, fosfatos, para que den seguimiento a la calidad del agua que los abastece.

Que los líderes comunales gestionen con las ONG proyectos de monitoreo del agua de manera que se puedan tomar medidas correctivas y preventivas con el recurso agua.

Que los promotores de salud, en coordinación con las escuelas de la zona, den charlas a los pobladores. Sobre el mantenimiento y limpieza de los sistemas de almacenamiento a nivel domiciliario, la manera de cómo lavarlos adecuadamente y desinfección periódica para evitar la colonización de microorganismos,

Que los líderes comunales gestionen e implementen un sistema de potabilización del agua de uso doméstico, para que de esta manera se reduzca la incidencia de enfermedades provocadas por el agua en los pobladores de las diferentes comunidades.

Que los líderes comunales en coordinación con las escuelas cercanas y Alcaldía organice campañas de limpieza para proteger el agua. Y evitar su contaminación.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. APHA (American Public Health Association), AWWA (American waters works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). 1996. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16ª Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. Págs. 9 - 90.
2. CEPIS, 2000. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Lima, Perú) .
3. CESTA Amigos de La Tierra, 2005. El Salvador va a una Crisis de Agua (en línea), San Salvador, El Salvador, Consultado 3 Marzo 2006.
4. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social), COSUDE (Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación). Enero 1999. Norma Salvadoreña para la calidad del agua potable. San Salvador, El Salvador. Págs. 8, 9, 17, 18, 20, 21, 27– 29
5. Guinea, J y otros.1979. Análisis microbiológico de aguas. Aspectos aplicados. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A. Págs. 33, 34 67 69,87 89.
6. Jawetz y otros. 1996. Microbiología Médica. 15ª edición. México D.F. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. Págs. 250- 251
7. Jenkins, J.J. 2003. Vulnerabilidad de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento en Áreas Rurales de El Salvador. Organización Panamericana de la Salud. 1º Edición, San Salvador El Salvador. OPS

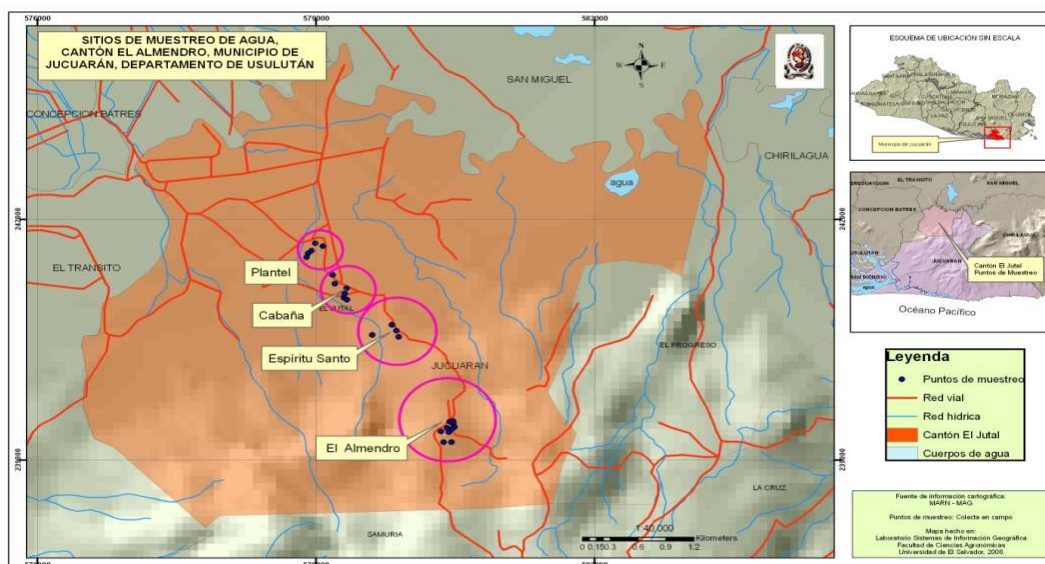
8. OPS (Organización Panamericana de la Salud). Agosto, 1998. Manual de certificación de Microbiología. División de Contaminantes microbiológicos.
9. Organización Mundial de la salud. Guías para la calidad del agua potable Washington D.C organización mundial de la salud 1999.
10. Organización Panamericana de la Salud. 1998. Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 2, Criterios relativos a la salud y otra información de base. Organización Mundial de la Salud, Publicación Científica N° 506. Washington D.C.
11. PNUD, 2003. Informe sobre el Desarrollo Humano de El Salvador. Desafíos y opciones en tiempos de la globalización. Agencia de protección ambiental de Estados Unidos.
12. PNUD. 2006. Informe sobre desarrollo humano, mas allá de la escasez poder, pobreza y la crisis mundial del agua.
13. Romero Rojas, J.A. 1999. Calidad del agua. México D.F. Alfa Omega, S.A. Págs. 154 – 156.
14. Tyler Miller. Jr 1992. Ecología y Medio ambiente
15. USAID, CARE, OPS/OMS. Evaluación del sector de agua potable y saneamiento.(1999). Recreational Water Environment, Volume 1: Coastal and Fresh Waters.

### 10. ANEXOS

#### ANEXO 1. Mapa de ubicación de Jucuaran. Usulután



#### ANEXO 2. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo de las cuatro comunidades del cantón El Almendo.



**ANEXO 3. ENCUESTA DIRIGIDA A COMUNIDADES DEL CANTÓN EL ALMENDRO DEL MUNICIPIO DE JUCUARAN, CON EL OBJETO DE IDENTIFICAR ASPECTOS RELACIONADOS A LA SALUD Y AL ÁMBITO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
UNIDAD DE POSGRADO**



A.1. Encuesta N° \_\_\_\_\_

A.2. Fecha \_\_\_\_\_

B 1. Fuente de Ingreso del responsable de la casa

Empleo	Agricultura	Negocio	Remesa	Otras actividades	Total

B 2. Grupo Familiar

Parentesco	Edad	Genero	Grado de educación alcanzado	Ocupación	Tiempo de residencia	Estado civil
Total						

Datos de la vivienda

B 3 Tipo de vivienda

1 Rancho

2 Casa de lamina




3	Casa bahareque	<input type="checkbox"/>
4	Casa de adobe	<input type="checkbox"/>
5	Casa mixta	<input type="checkbox"/>

## B 4 Tenencia de la vivienda

1	Propia	<input type="checkbox"/>
2	Arrendada	<input type="checkbox"/>
3	Promesa de venta	<input type="checkbox"/>
4	Comodato	<input type="checkbox"/>
5	otra	<input type="checkbox"/>

## B 5 Existe en la vivienda un cuarto solo para cocinar

	Si	<input type="checkbox"/>
2	No	<input type="checkbox"/>

## B 6. Tipo de servicio de la vivienda

1	Inodoro de lavar	<input type="checkbox"/>
2	Letrina abonera	<input type="checkbox"/>
3	Letrina de fosa	<input type="checkbox"/>
4	Aire libre	<input type="checkbox"/>
5	Otros	<input type="checkbox"/>

## B.7 De qué material es la mayor parte del piso de la casa donde viven

1	Tierra	<input type="checkbox"/>
2	Losa de cemento	<input type="checkbox"/>
3	Madera	<input type="checkbox"/>
4	Ladrillo de cemento	<input type="checkbox"/>
5	Ladrillo de barro	<input type="checkbox"/>
6	Otro especifique	<input type="checkbox"/>

B 8 ¿De qué material son la mayoría de las paredes?

1	Concreto o sistema mixto/ ladrillo	
2	Bahareque	
3	Adobe	
4	Madera	
5	Lámina metálica	
6	Paja, palma u otro vegetal	
7	Desechos	
8	Otros (Especifique)	

B 9 ¿De qué material es el techo?

1	Losa de concreto (plafón)	
2	Lámina de asbesto	
3	Teja	
4	Lámina metálica	
5	Paja, palma u otro vegetal	
6	Desechos	
7	Otros (Especifique)	

#### ASPECTO SOCIAL Y AMBIENTAL

B 10. ¿Dispone de energía eléctrica en su vivienda?

1	si	<input type="checkbox"/>
2	no	<input type="checkbox"/>

B 11 Qué tipo de alumbrado posee esta vivienda?

1	Electricidad	<input type="checkbox"/>
2	Planta eléctrica	<input type="checkbox"/>
3	Gas (kerosene)	<input type="checkbox"/>
4	Candela	<input type="checkbox"/>
5	Candil	<input type="checkbox"/>
6	otro. (Especifique)	<input type="checkbox"/>

B 12. Dispone la vivienda de desagüe conectado

- |   |                               |                          |
|---|-------------------------------|--------------------------|
| 1 | Alcantarillado                | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Fosa séptica                  | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Al suelo fuera de la vivienda | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Quebrada                      | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Río                           | <input type="checkbox"/> |
| 6 | No dispone                    | <input type="checkbox"/> |

B 13 De que forma es eliminada la basura:

- |   |                     |                          |
|---|---------------------|--------------------------|
| 1 | Servicio municipal  | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Servicio particular | <input type="checkbox"/> |
| 3 | La quema            | <input type="checkbox"/> |
| 4 | La entierra         | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Otro                | <input type="checkbox"/> |

### AGUA

C 1¿De dónde proviene el agua para beber?

- |    |                             |                          |
|----|-----------------------------|--------------------------|
| 1  | Por cañería                 | <input type="checkbox"/> |
| 2  | Dentro de la casa           | <input type="checkbox"/> |
| 3  | Fuera de la casa            | <input type="checkbox"/> |
| 4  | Chorro público (cantarera)  | <input type="checkbox"/> |
| 5  | De pozo Privado (propio)    | <input type="checkbox"/> |
| 6  | De pozo Privado (no propio) | <input type="checkbox"/> |
| 7  | De pozo Público             | <input type="checkbox"/> |
| 8  | De río                      | <input type="checkbox"/> |
| 9  | De manantial                | <input type="checkbox"/> |
| 10 | Comprada (pipa/barril)      | <input type="checkbox"/> |
| 11 | Comprada (embotellada)      | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Agua Cristal                | <input type="checkbox"/> |

- |    |                          |                          |
|----|--------------------------|--------------------------|
| 13 | Agua llovida             | <input type="checkbox"/> |
| 14 | Otro lugar (Especifique) | <input type="checkbox"/> |

## C 2 Con que frecuencia recibe el agua en su hogar

- |   |                |                          |
|---|----------------|--------------------------|
| 1 | Por horas      | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Todo el día    | <input type="checkbox"/> |
| 3 | A la semana    | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Una vez al mes | <input type="checkbox"/> |
| 5 | otros          | <input type="checkbox"/> |

## C 3. Usos que le dan al agua

- |   |                 |                          |
|---|-----------------|--------------------------|
| 1 | Tomarla         | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Domésticos      | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Solo para lavar | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Para todo uso   | <input type="checkbox"/> |

## C 4. El agua la mantiene

- |   |                  |                          |
|---|------------------|--------------------------|
| 1 | En pila          | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Cántaro          | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Olla aluminio    | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Olla peltre      | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Cántaro de barro | <input type="checkbox"/> |
| 6 | Otro especifique | <input type="checkbox"/> |

## C 5 Que sabor tiene el agua que consume

- |   |          |                          |
|---|----------|--------------------------|
| 1 | Dulce    | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Salada   | <input type="checkbox"/> |
| 3 | Acida    | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Tetelque | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Amarga   | <input type="checkbox"/> |

- |   |                  |  |
|---|------------------|--|
| 6 | Sin sabor        |  |
| 7 | Otro especifique |  |

C 6. Que aspecto tiene el agua que toma

- |   |             |  |
|---|-------------|--|
| 1 | Clara       |  |
| 2 | Turbia      |  |
| 3 | Sucia       |  |
| 4 | Tiene color |  |

C 7. Posee olor el agua

- |   |                |  |
|---|----------------|--|
| 1 | Pescado        |  |
| 2 | Hojas podridas |  |
| 3 | Ninguno        |  |
| 4 | Otro           |  |

C 8 El agua que beben le dan algún tratamiento ( si su respuesta es No pase a la C 10

- |   |    |  |
|---|----|--|
| 1 | si |  |
| 2 | no |  |

C. 9 Qué tratamiento le dan al agua para beber

- |   |                 |  |
|---|-----------------|--|
| 1 | Filtra          |  |
| 2 | Hierve          |  |
| 3 | Clora con lejía |  |
| 4 | Expone al sol   |  |
| 5 | otro            |  |

C. 10 Tipo de mantenimiento a los recipientes donde captan el agua

- |   |                          |  |
|---|--------------------------|--|
| 1 | Lavado con agua          |  |
| 2 | Lavado con jabón y lejía |  |
| 3 | Ninguno                  |  |
| 4 | otros                    |  |

C. 11 El lugar de donde obtienen el agua tiene algún tipo de protección

1	Forestal	<input type="checkbox"/>
2	Vegetación de chaparral	<input type="checkbox"/>
3	De cemento	<input type="checkbox"/>
4	otros	<input type="checkbox"/>

C. 12 Cuanto es el consumo de agua por día

1	Barril	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Cántaro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Pila	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E. 13. Uso del suelo

1	Cultivo	<input type="checkbox"/>
2	Producción animal	<input type="checkbox"/>
3	aves	<input type="checkbox"/>
4	otros	<input type="checkbox"/>

E. 14. Nivel Tecnológico

1	Maquinaria	<input type="checkbox"/>
2	Chuzo	<input type="checkbox"/>
3	Tractor	<input type="checkbox"/>
4	otros	<input type="checkbox"/>

E. 15 Tipo de semilla que utiliza

1	Certificad	<input type="checkbox"/>
2	Criolla	<input type="checkbox"/>

3 otros

E. 16. Tipo de fertilizantes que usa

1	Químico	<input type="checkbox"/>
2	Orgánica	<input type="checkbox"/>
3	Fertilización combinada	<input type="checkbox"/>
4	Natural	<input type="checkbox"/>

E. 17. Tipo de Agroquímico que utiliza

1	Volaton	<input type="checkbox"/>
2	Tamaron	<input type="checkbox"/>
3	Lannate	<input type="checkbox"/>
4	Karate	<input type="checkbox"/>
5	otro __	<input type="checkbox"/>

E.18. Que Herbicidas usa

1	Paraquat (Gramoxone)	<input type="checkbox"/>
2	2-4 amina (hedonal)	<input type="checkbox"/>
3	Glifosato (Ranger)	<input type="checkbox"/>
4	otros	<input type="checkbox"/>

E. 19. Que se produce en la comunidad

1	Maiz	<input type="checkbox"/>
2	Frijol	<input type="checkbox"/>
3	Ajonjolí	<input type="checkbox"/>
4	Maicillo	<input type="checkbox"/>
5	Frutales	<input type="checkbox"/>
6	Hortalizas	<input type="checkbox"/>
7	Pecuario	<input type="checkbox"/>
8	Cerdos	<input type="checkbox"/>
9	Gallinas	<input type="checkbox"/>
10	Ganado	<input type="checkbox"/>

- |    |          |                          |
|----|----------|--------------------------|
| 11 | Caballos | <input type="checkbox"/> |
| 12 | Conejos  | <input type="checkbox"/> |
| 13 | otros    | <input type="checkbox"/> |

## E 20. Comercialización de los productos

- |   |           |                          |
|---|-----------|--------------------------|
| 1 | Ciudad    | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Comunidad | <input type="checkbox"/> |
| 3 | mercado   | <input type="checkbox"/> |
| 4 | otros     | <input type="checkbox"/> |

## SALUD

## F 1. Existe Unidad de Salud cercana

- |   |    |                          |
|---|----|--------------------------|
| 1 | si | <input type="checkbox"/> |
| 2 | no | <input type="checkbox"/> |

## F 2. Cuantas veces al año visita la Unidad de Salud y / u Hospital mas cercano

- |   |                |                          |
|---|----------------|--------------------------|
| 1 | Una vez        | <input type="checkbox"/> |
| 2 | Dos veces      | <input type="checkbox"/> |
| 3 | De 3 a 6 veces | <input type="checkbox"/> |
| 4 | Más de 6 veces | <input type="checkbox"/> |
| 5 | No visita      | <input type="checkbox"/> |

## F 3. Visita el promotor de salud su vivienda?

- |   |    |                          |
|---|----|--------------------------|
| 1 | si | <input type="checkbox"/> |
| 2 | no | <input type="checkbox"/> |

## F 4. Cada cuanto tiempo los visita el promotor de salud

---



## F 5 Padece de alguna de estas enfermedades

1	Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>
2	Dolor de estomago	<input type="checkbox"/>
3	Ardor de estomago	<input type="checkbox"/>
4	Vómitos	<input type="checkbox"/>
5	Náuseas	<input type="checkbox"/>
6	Mareo	<input type="checkbox"/>
7	Diarrea	<input type="checkbox"/>
8	Alergias	<input type="checkbox"/>
9	Picazón	<input type="checkbox"/>
10	Ninguna	<input type="checkbox"/>

**ANEXO 4. VALORES PERMITIDOS POR NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA  
PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE REQUISITOS DE CALIDAD  
MICROBIOLOGICA NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA  
NSO 13. 07.01:99 (CONACYT)**

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR MÁXIMO ADMISIBLE</b>		
	<b>TÉCNICA</b>		
	<b>FILTRACIÓN POR MEMBRANA</b>	<b>TUBOS MÚLTIPLES</b>	
<b>BACTERIAS COLIFORMES TOTALES</b>	<b>0 UFC / 100 ML</b>	<b>&lt; 1.1 NMP / 100 ML.</b>	
<b>BACTERIAS COLIFORMES FECALES</b>	<b>0 UFC /100 ML</b>	<b>NEGATIVO</b>	
<b>ESCHERICHIA COLI</b>	<b>0 UFC / 100 ML</b>	<b>NEGATIVO</b>	
<b>CONTEO DE BACTERIAS HETERÓTROFA</b>	<b>50 UFC / ML MAX</b>		<b>100 UFC / ml</b>
<b>ORGANISMOS PATÓGENOS</b>		<b>AUSENCIA</b>	

ANEXO 5. VALORES PERMITIDOS POR NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE REQUISITOS DE CALIDAD FÍSICO-QUÍMICOS. NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO 13. 07.01:99 (CONACYT)

<i>VALORES PARA AGUA POTABLE</i>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR RECOMENDADO</b>	<b>VALOR MÁXIMO ADMISIBLE</b>
Color Aparente	-	NR	-
Color Verdadero	Mg/l (Pt-Co)	-	15
Conductividad	Mmho/cm a 25°	500	1,600
Olor	No del umbral de Olor	NR	3
pH	-	6.0 – 8.5	-
Sabor	No de umbral de Sabor	NR	1
Sólidos totales disueltos	Mg/l	300	600
Temperatura	°C	18 a 30	NR*
Turbiedad	UNT	1	5
<i>VALORES PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS</i>			
<b>PARÁMETRO</b>		<b>VALOR RECOMENDADO mg/l</b>	<b>VALOR MÁXIMO ADMISIBLE mg/l</b>
Ácido Sulhídrico		No detectable	<0.05
Alcalinidad Total como (CaCO <sub>3</sub> )		30.00	350.00
Antimonio		-	0.005
Calcio		-	75.00
Cloruros		25.00	250.00
Cobre		0.10	1.00
Dureza Total como (CaCO <sub>3</sub> )		100.00	400.00
Fluoruros		-	1.50
Hierro Total		0.05	0.30
Magnesio		-	50.00
Manganeso		0.05	0.10
Nitrógeno Amoniacal (NH <sub>4</sub> )		-	0.50
Nitrógeno (Kjendahl) N de NO <sub>2</sub> y NO <sub>3</sub>		-	1.00
Plata		-	0.10
Potasio		-	10.00
Sílice		60.00	125.00
Sodio		25.00	150.00
Sulfatos		25.00	250.00

- De no encontrarse en el rango recomendado queda sujeto a evaluaciones de potabilización.



**ANEXO 6. ÍNDICE DE NMP Y LÍMITES DE ACEPTACIÓN DEL 95 POR 100 (APHA 1996)**

Combinación de positivos	Índice NMP/100 mL	Limite de Confianza 95%	
		Superior	Inferior
0-0-0	< 2	-----	-----
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-01	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	26	7.0	46
4-2-0	22	9.0	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9.0	86

**CONTINUACIÓN ANEXO 6**

Combinación de positivos	Índice NMP/100 mL	Limite de Confianza 95%	
		Superior	Inferior
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	580
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1,300
5-5-2	500	200	2,000
5-5-3	900	300	2,900
5-5-4	1,600	600	5,300
5-5-5	≥1600	-----	-----

ANEXO 7. TABLAS DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO QUÍMICOS DE LAS CUATRO COMUNIDADES.

Tabla N° 5. Resultados de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia coli, Recuento de Bacterias Heterótrofas. En el Nacimiento Caja de Agua, del Municipio de Jucuaran. Usulután.

Parámetros	Época Lluviosa	Época seca	Norma Oficial Salvadoreña
Coliformes totales	NMP/100mL =26	NMP/100mL =20	NMP < 1.1/100mL
Coliformes Fecales	NMP/100mL =9	NMP/100mL =7	Negativa
Heterótrofas	< 100 UFC/100mL	< 100 UFC/100mL	< 100 UFC/100mL
Escherichia coli	Positiva	Positiva	Negativa

Tabla N° 6 Resultados de Alcalinidad, Cloruros, Conductividad, Dureza, Fosfatos, Hierro, Manganeso, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales Disueltos, Sulfatos, Turbidez. En el Nacimiento Caja de Agua, del Municipio de Jucuaran. Usulután.

Parámetros	Época Lluviosa	Época seca	Norma Oficial Salvadoreña
Alcalinidad	110 mg/L	88 mg/L	350.00 mg/L
Cloruros	2.22mg/L	2.20 mg/L	250.00 mg/L
Conductividad	180 umhos/cm	110 umhos/cm	1,600 umhos
Dureza	165 mg/L	140 ml/L	500.00 mg/L
Fosfatos	0.14 mg/L	0.10 mg/L	mg/L NE Norma Colombiana 0.2
Hierro	0.05 mg/L	Nd	0.30 mg/L
Manganeso	0.14 mg/L	Nd	0.10 mg/L
Nitratos	0.60 mg/L	0.45 mg/L	45.00 mg/L
Oxígeno disuelto	6.40 mg/L	7.10 mg/L	6.5 mg/L aguas contacto humano
pH	7.20 UnipH	6.40 UnipH	8.5 UnipH
Sólidos Totales disueltos	100 mg/L	100 mg/L	600.00 mg/L
Sulfatos	7.00 mg/L	4.30 mg/L	400.00 mg/L
Turbidez	1.0	Nd	5 UNT

Nd: no detectados, N.E: no especifica la norma.

Tabla N° 7 Resultados de Alcalinidad, Cloruros, Conductividad, Dureza, Fosfatos, Hierro, Manganeso, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales Disueltos, Sulfatos, Turbidez. En época lluviosa y seca de la Comunidad Espíritu Santo del Municipio de Jucuaran.

Parámetros	Época seca	Promedio Época Seca	Época Lluviosa	Promedio Época Lluviosa	Norma Oficial Salvadoreña
Alcalinidad	142 mg/L 136 mg/L 140 mg/L	139.3 mg/L	144 mg/L 144 mg/L 146 mg/L	144 mg/L	350.00 mg/L
Cloruros	4.00 mg/L 4.00 mg/L 4.00 mg/L	4.00 mg/L	4.50 mg/L 4.40 mg/L 4.50 mg/L	4.46 mg/L	250.00 mg/L
Conductividad	280 umhos/cm 280 280	280	325 325 325 umhos/cm	325	1,600 umhos/cm
Dureza	180 220 195 mg/L	144.43	200 220 220 umhos/cm	213	500.00 mg/L
Fosfatos	2.20 2.30 2.50 mg/L	2.33	2.30 mg/L 2.60 2.70	2.53	NE Norma Colombiana 0.2 mg/L
Hierro	Nd Nd Nd	Nd	0.02 mg/L 0.02 mg/L 0.02 mg/L	0.02 mg/L	0.30 mg/L
Manganeso	Nd Nd Nd	Nd	0.01 mg/L 0.01 mg/L 0.01 mg/L	0.01 mg/L	0.10 mg/L
Nitratos	1.80 mg/L 2.00 2.30	2.03	3.00 mg/L 3.40 3.40	3.26	45.00 mg/L
Oxígeno disuelto	7.80 mg/L 8.00 8.00	7.93	8.00 mg/L 8.00 8.00	8.00	6.5 mg/L Aguas contacto humano
pH	7.21 UnipH 7.18 7.30	7.23	7.20 Uniph 7.20 7.30	7.23	8.5 UnipH
Sólidos Totales disueltos	100 mg/L 100 100	100	100 mg/L 110 100	103	600.00 mg/L
Sulfatos	8.00 mg/L 8.00 8.00	8.00	8.0 mg/L 8.0 8.0	8.0	400.00 mg/L
Turbidez	Nd Nd Nd	Nd	1.0 UNT Nd 1.0	1.0	5 UNT

**Nd: no detectados**

Tabla N° 8 Resultados de Coliformes Totales, Coliformes Fecles, Escherichia coli, Recuento de Bacterias Heterótrofas en agua en época lluviosa y seca en la Comunidad la Cabaña, del Municipio de Jucuaran. Usulután.

<b>Parámetros</b>	<b>Época Lluviosa</b>	<b>Época seca</b>	<b>Norma Oficial Salvadoreña</b>
Coliformes totales	NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = >/1600 NMP / 100 mL = 300 NMP / 100 mL = 240 NMP / 100 mL = 200 Promedio 796	NMP / 100 mL = 23 NMP / 100 mL = 633 NMP / 100 mL = 73 NMP / 100 mL = 140 NMP / 100 mL = 23 Promedio 178	NMP < 1.1/100 mL
Coliformes Fecales	NMP / 100 mL = 26 NMP / 100 mL = 140 NMP / 100 mL = 73 NMP / 100 mL = 70 NMP / 100 mL = 20 Promedio 65	NMP / 100 mL = 8 NMP / 100 mL = 110 NMP / 100 mL = 34 NMP / 100 mL = 27 NMP / 100 mL = 8 Promedio 37	Negativa
Heterótrofas	< 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL
Escherichia coli	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Negativa



Tabla N° 9 Resultados de Alcalinidad, Cloruros, Conductividad, Dureza, Fosfatos, Hierro, Manganeso, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales Disueltos, Sulfatos, Turbidez. En época lluviosa y seca de la Comunidad la Cabaña del Municipio de Jucuaran. Usulután.

<b>Parámetros</b>	<b>Época seca</b>	<b>Promedio Época seca</b>	<b>Época Lluviosa</b>	<b>Promedio Época Lluviosa</b>	<b>Norma Oficial Salvadoreña</b>
Alcalinidad	150 146 150 138 115	112 mg/L	200 180 180 170 170	139 mg/L	350.00 mg/L
Cloruros	3.60 3.80 3.80 3.90 3.50	3.72 mg/L	4.00 4.10 4.00 4.20 4.00	4.06 mg/L	250.00 mg/L
Conductividad	260 270 260 260 260	262 micromhos	280 270 280 280 280	2.78 micromhos	1,600 umhos/cm
Dureza	200 265 250 180 150	209 mg/L	220 230 215 230 230	225 mg/L	500.00 mg/L
Fosfatos	2.60 2.60 2.50 2.50 2.60	2.56 mg/L	2.80 2.90 2.90 2.90 2.90	2.88 mg/L	mg/L NE Norma Colombiana 0.2
Hierro	0.01 0.02 0.03 0.01 0.01	0.016 mg/L	0.05 0.04 0.04 0.04 0.04	0.21 mg/L	0.30 mg/L
Manganeso	0.01 0.01 0.01 0.01 0.01	0.01 mg/L	0.01 0.03 0.03 0.03 0.03	0.13 mg/L	0.10 mg/L

Continuación Tabla 9

Nitratos	1.80	1.06 mg/L	2.70	1.86 mg/L	45.00 mg/L
	1.80		2.60		
	1.90		2.80		
	1.90		2.80		
	1.90		2.80		
Oxígeno disuelto	7.20	7.7 mg/L	11.30	10.28 mg/L	6.5 mg/L Aguas contacto humano
	7.20		9.70		
	8.10		9.60		
	8.00		10.40		
	8.00		10.40		
pH	6.93	6.99 UnipH	7.42	7.66 UnipH	8.5 UnipH
	6.98		7.80		
	7.04		7.50		
	7.04		7.80		
	6.98		7.80		
Sólidos Totales disueltos	100	100 mg/L	100	106 mg/L	600.00 mg/L
	100		110		
	100		100		
	100		110		
	100		110		
Sulfatos	8.00	8.0 mg/L	9.00	9.28 mg/L	400.00 mg/L
	8.00		9.20		
	8.00		9.40		
	8.00		9.40		
	8.00		9.40		
Turbidez	Nd	0.6 UNT	3	0.6 UNT	5 UNT
	Nd		Nd		
	3		Nd		
	Nd		3		
	Nd		3		

Nd: no detectados

Tabla N° 10 Resultados de Alcalinidad, Cloruros, Conductividad, Dureza, Fosfatos, Hierro, Manganeso, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Totales Disueltos, Sulfatos, Turbidez. En época lluviosa y seca de la Comunidad El Plantel del Municipio de Jucuaran, Usulután.

<b>Parámetros</b>	<b>Época seca</b>	<b>Promedio Época seca</b>	<b>Época Lluviosa</b>	<b>Promedio Época Lluviosa</b>	<b>Norma Oficial Salvadoreña</b>
Alcalinidad	158 158 166 138 136 140	149 mg/L	166 168 168 162 165 162	156 mg/L	350.00 mg/L
Cloruros	3.90 4.20 4.10 4.10 4.10 4.10	4.05 mg/L	4.30 4.20 4.10 4.10 4.20 4.20	4.18 mg/L	250.00 mg/L
Conductividad	270 280 270 270 280 260	271	290 280 290 280 280 290	285 promedio	1,600 umhos/cm
Dureza	210 200 220 200 190 205	204	220 210 210 220 210 210	213	500.00 mg/L
Fosfatos	1.70 1.90 2.10 1.90 2.10 1.90	1.93	2.40 2.30 2.30 2.10 2.00 2.10	2.20	mg/L NE Norma Colombiana 0.2
Hierro	0.04 0.03 0.02 0.03 0.03 0.05	0.03	0.03 0.03 0.05 0.05 0.04 0.05	0.04	0.30 mg/L
Manganeso	0.01 Nd 0.03	0.01 mg/L	0.03 0.03 0.04	0.035	0.10 mg/L

Continuación de tabla N° 10

	Nd Nd 0.01		0.03 0.03 0.05		
Nitratos	1.20 2.20 1.30 1.20 1.70 1.40	9 1.5	2.60 2.80 2.80 2.80 2.80 2.80	16.6 Prom 2.76	45.00 mg/L
Oxígeno disuelto	9.80 7.80 6.40 8.30 8.10 8.20	48.6 Prom 8.1	9.80 8.80 8.50 8.30 8.30 8.30	52 Prom 8.66	6.5 mg/L Aguas contacto humano
pH	6.60 6.90 6.99 6.96 6.96 7.16	34.61 Prom 5.76	7.16 7.20 7.30 7.18 7.21 7.21	43.26 Prom 7.21	8.5 UnipH
Sólidos Totales disueltos	100 100 100 100 100 100	100	100 110 100 110 110 110	640 Prom 106	600.00 mg/L
Sulfatos	8.00 8.00 8.00 8.00 8.00 8.00	8.0	9.00 9.00 8.00 8.00 8.00 8.00	50 Prom 8.33	400.00 mg/L
Turbidez	Nd 3 Nd Nd Nd Nd	Nd	>5 >5 >5 >5 >5 >5	>5	5 UNT

**Tabla N° 11 Resultados de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia coli, recuento de bacterias Heterótrofas en agua en época lluviosa y seca en la Comunidad El Plantel, del Municipio de Jucuaran. Usulután.**

<b>Parámetros</b>	<b>Época lluviosa</b>	<b>Época seca</b>	<b>Norma Oficial Salvadoreña</b>
Coliformes Totales	NMP / 100 mL = 500 NMP / 100 mL = >/1600 NMP / 100 mL = 300 Nmp / 100 mL = 240 NMP / 100 mL = 900 NMP / 100 mL = 1600 Promedio 856	NMP / 100 mL = 70 NMP / 100 mL = 276 NMP / 100 mL = 123 Nmp / 100 mL = 73 NMP / 100 mL = 140 NMP / 100 mL = 70 Promedio 125	NMP <1.1/ 100 mL
Coliformes Fecales	NMP / 100 mL = 30 NMP / 100 mL = 90 NMP / 100 mL = 13 NMP / 100 mL = 27 NMP / 100 mL = 50 NMP / 100 mL = 54 Promedio 44	NMP / 100 mL = 23 NMP / 100 mL = 50 NMP / 100 mL = 7 Nmp / 100 mL = 20 NMP / 100 mL = 15 NMP / 100 mL = 34 Promedio 34	Negativa
Heterotrofas	< 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL
Escherichia coli	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Negativo

Tabla N° 12 Resultados de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia coli, recuento de bacterias Heterótrofas en agua en época lluviosa y seca en la Comunidad el Almendro, del Municipio de Jucuaran. Usulután.

Parámetros	Época lluviosa	Época seca	Norma Oficial Salvadoreña
Coliformes Totales	NMP / 100 mL = 240 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 900 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 300 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 1600 NMP / 100 mL = 300 NMP / 100 mL = 500	NMP / 100 mL = 50 NMP / 100 mL = 804 NMP / 100 mL = 590 NMP / 100 mL = 815 NMP / 100 mL = 175 NMP / 100 mL = 54 NMP / 100 mL = 541 NMP / 100 mL = 389 NMP / 100 mL = 175 NMP / 100 mL = 23 NMP / 100 mL = 240	NMP <1.1/ 100 mL
Coliformes Fecales	NMP / 100 mL = 27 NMP / 100 mL = 804 NMP / 100 mL = 350 NMP / 100 mL = 50 NMP / 100 mL = 110 NMP / 100 mL = 29 NMP / 100 mL = 50 NMP / 100 mL = 17 NMP / 100 mL = 42 NMP / 100 mL = 13 NMP / 100 mL = 220	NMP / 100 mL = 23 NMP / 100 mL = 34 NMP / 100 mL = 175 NMP / 100 mL = 12 NMP / 100 mL = 18 NMP / 100 mL = 13 NMP / 100 mL = 29 NMP / 100 mL = 13 NMP / 100 mL = 7 NMP / 100 mL = 9 NMP / 100 mL = 18	Negativa
Heterotrofas	< 100 UFC / 100 mL 1210 UFC / 100 mL 1870 UFC / 100 mL 6690 UFC / 100 mL 2950 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL 680 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL 605 UFC / 100 mL 1664 UFC / 100 mL 5686 UFC / 100 mL 2625 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL < 100 UFC / 100 mL	< 100 UFC / 100 mL
Escherichia coli	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo Positivo	Negativo

Tabla N° 13 Resultados de parámetros físico químicos en muestras de agua en época lluviosa y seca en la Comunidad el Almendro, del Municipio de Jucuaran. Usulután.

Parámetros	Época Lluviosa	Época seca	Norma Oficial Salvadoreña
Fosfatos	2.45 mg/L 1.15 mg/L 1.51 mg/L 1.14 mg/L 1.51 mg/L 1.18 mg/L 1.51 mg/L 1.15 mg/L 1.60 mg/L 1.15 mg/L 2.60 mg/L 1.14 mg/L 2.60 mg/L 1.18 mg/L Promedio = 2.5 mg/L 1.15 mg/L 116 mg/L	0.28 mg/L 0.28 mg/L 0.10 mg/L 0.26 mg/L 0.11 mg/L 0.26 mg/L 0.11 mg/L 0.26 mg/L 0.11 mg/L 0.23 mg/L 0.23 mg/L 0.23 mg/L 0.11 mg/L 0.23 mg/L 0.11 mg/L Promedio = 0.26 mg/L 111 mg/L	N.E Norma Colombiana 0.2 mg/L 350.00 mg/L
Alcalinidad	Promedio = 115.8	Promedio = 111	
Hierro	0.50 mg/L 0.50 mg/L 0.50 mg/L 0.50 mg/L 0.50 mg/L 0.65 mg/L 0.65 mg/L 0.65 mg/L 0.65 mg/L 0.65 mg/L 3.65 mg/L Promedio = 3.5	N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A N/A 2.92 mg/L Promedio = 2.93	0.30 mg/L 250.00 mg/L
Cloruros			
Manganeso	0.01 mg/L 262 umhos/cm 0.01 mg/L 259 umhos/cm 0.01 mg/L 262 umhos/cm 0.01 mg/L 262 umhos/cm 0.01 mg/L 260 umhos/cm 0.01 mg/L 248 umhos/cm 0.01 mg/L 259 umhos/cm 0.01 mg/L 260 umhos/cm 0.01 mg/L 259 umhos/cm 0.01 mg/L	173 umhos/cm 173 umhos/cm 173 umhos/cm 170 umhos/cm 170 umhos/cm N/A 170 umhos/cm 174 umhos/cm 174 umhos/cm 174 umhos/cm	0.10 mg/L 1,600 umhos
Conductividad	262 umhos/cm Promedio = 260	174 umhos/cm Promedio = 170	
Nitratos	181 mg/L 181 mg/L 181 mg/L 181 mg/L 182 mg/L 182 mg/L 182 mg/L 183 mg/L 183 mg/L 183 mg/L	150 mg/L 145 mg/L 143 mg/L 144 mg/L 140 mg/L 125 mg/L 129 mg/L 142 mg/L 144 mg/L 144 mg/L	45.00 mg/L 500.00 mg/L
Dureza	183 mg/L 179 mg/L Promedio = 180	144 mg/L 144 mg/L Promedio = 141	6.5 mg/L aguas





ANEXO 8. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA DESTINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO HUMANO DADOS POR LA NORMA DE LA OMS PARA AGUAS RECREATIVAS. PARA CONTACTO HUMANO

**Mediante contacto primario**

Oxigeno Disuelto	UnipH	6.5 -7.0 UniPH
------------------	-------	----------------

ANEXO 9. EXPOSICION A LIDERES COMUNALES



ANEXO 10. EXPOSICION DE RESULTADOS



ANEXO 11. SOCIALIZACION CON PARTICIPANTE



ANEXO 12. LIDERES COMUNALES DE LAS DIFERENTES  
COMUNIDADES



ANEXO 13. ETIQUETA DE IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Punto del Muestreo: _____	
Fecha: ___ / ___ / ___	T°: _____ Hora: _____ <input type="radio"/> am <input type="radio"/> pm
Parámetros a analizar: _____	
Preservante: _____	
Nombre: _____	
<i>firma:</i> _____	

**ANEXO 14. LISTADO DE VARIABLES SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES E INDICADORES ESTUDIADOS EN CADA UNA DE LAS COMUNIDADES DEL CANTÓN DEL ALMENDRO DEL MUNICIPIO DE JUCUARAN. USULUTAN.**

<b>VARIABLES SOCIALES</b>	<b>INDICADORES</b>
COMPOSICIÓN POR GRUPO FAMILIAR	PARENTESCO EDAD GENERO GRADO DE EDUCACIÓN OCUPACIÓN TIEMPO DE RESIDENCIA ESTADO CIVIL
VIVIENDA	TIPO DE VIVIENDA TIPO SERVICIO SANITARIO MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DISPOSICIÓN DE DESAGÜES
SERVICIOS BÁSICOS	TIPO DE ENERGÍA DISPOSICIÓN DE DESAGÜES AGUA EDUCACIÓN
SERVICIO DE AGUA	FRECUENCIA USOS ALMACENAMIENTO

	SABOR ASPECTO OLOR TIPOS DE TRATAMIENTO MANTENIMIENTO A RECIPIENTES CONSUMO DE AGUA
ACCESO A SALUD	UNIDADES DE SALUD FRECUENCIA DE LAS VISITAS A UNIDAD Y/O HOSPITAL VISITAS DE PROMOTORES DE SALUD TIEMPO DE VISITAS DEL PROMOTOR DE SALUD ENFERMEDADES QUE PADECEN

#### CONTINUACION ANEXO 14

VARIABLES ECONÓMICAS	INDICADORES
FUENTE DE INGRESO	EMPLEO AGRICULTURA NEGOCIO REMESA TENENCIA DE LA VIVIENDA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS NIVEL TECNOLÓGICO
USO DE SUELO	TIPO DE AGROQUÍMICOS TIPOS DE SEMILLA FERTILIZACIÓN HERBICIDAS PRODUCCION AGRICOLA

VARIABLES AMBIENTALES	INDICADORES
-----------------------	-------------

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	QUEMA ENTIERRO
USO DEL SUELO	PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ABASTECIMIENTOS DE AGUA	NACIMIENTOS RIO POZO CAÑERÍA
USOS DEL AGUA	

