

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**



**ANALISIS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO DEL SERVICIO DE AGUA
DISTRIBUIDA EN LA HACIENDA LA ESTANCIA MUNICIPIO DE
MONCAGUA DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**WALTER YOVANI POLIO CRUZ
MARIA HAYDEE VILLATORO DE RIVAS**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO(A) EN QUIMICA Y FARMACIA**

**SEPTIEMBRE 2018
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO CRISTOBAL HERNAN RIOS BENITEZ

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIO

MAE. ROBERTO EDUARDO GARCIA ERAZO

DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION

DIRECTORA GENERAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

TRIBUNAL CALIFICADOR

**ASESORA DE AREA: CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS
FARMACEUTICOS Y COSMETICOS.**

MSc. Rocio Ruano de Sandoval.

ASESORA DE AREA: GESTIÓN AMBIENTAL CALIDAD AMBIENTAL

MSc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

DOCENTE ASESOR:

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

DEDICATORIA

INDICE GENERAL

	Pág. N°
RESUMEN	
CAPITULO I	
1.0 Introducción	XXIV
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	27
CAPITULO III	
3.0 Marco Teórico	29
3.1 Descripción del área de estudio	29
3.2 Generalidades del agua	30
3.3 Propiedades del agua	30
3.4. Los recursos hídricos en El Salvador	31
3.5 Tipos de Acuíferos	32
3.6 Ciclo del agua	33
3.7 Importancia del agua para la vida	34
3.8 Contaminación del agua	35
3.9 Contaminantes del agua	35
3.10 Enfermedades producidas por la contaminación del agua	37
3.11 Tipos de pozo para abastecimiento de agua	38
3.12 Prevención de la contaminación de pozos	39
3.13 Condiciones higiénico sanitarias en los pozos	41
3.14 Prevención y control de la contaminación de las aguas	42
3.15 Parámetros físicos	43
A. Determinación de pH	43
B. Sólidos disueltos totales	44
C. Turbidez	44
D. Conductividad eléctrica	45

	pág. N°
3.16 Parámetros Químicos	46
A. Dureza	46
B. Sulfatos	46
C. Plomo	46
3.17 Parámetros microbiológicos	47
A. Generalidades	47
B. Las bacterias heterótrofas.	48
C. El grupo coliforme	49
D. Los coliformes fecales (termos resistentes)	50
E. <i>Escherichia coli</i> .	51
F. Técnicas para el estudio microbiológico	52
G. Técnicas del recuento heterotrófico en placas	52
i. Método de placa fluida	53
ii. Método de placa difusa	53
iii. Filtración por membrana	54
H. Técnicas de los tubos múltiples de fermentación.	54
i. Prueba presuntiva	55
ii. Prueba confirmativa	55
iii. Prueba completa	56
CAPITULO IV	
4.0. Diseño metodológico	58
4.1 Tipo de Estudio	58
4.2 Investigación Bibliográfica	58
4.3 Investigación de campo	59
4.3.1 Universo	59
4.3.2 Muestra	60

	pág. N°
4.3.3 Calculo de número de encuestas a realizar en el sitio de estudio	60
4.3.4 Muestras para Análisis Físicoquímico y Microbiológico	60
4.4 Procedimiento para la toma de muestra de agua para análisis microbiológico	60
4.5 Procedimiento para la toma de muestra de agua para análisis físicoquímico	61
4.6 Determinación de Parámetros Microbiológicos	62
A. Determinación de recuento de bacterias heterótrofas por método de filtración por membrana	62
B. Determinación de Coliformes Totales, Coliformes Fecales por método de fermentación en tubos múltiples	64
C. Determinación de <i>Escherichia coli</i>	66
D. Determinación de <i>Pseudomona aeruginosa</i>	67
4.7 Procedimientos para la determinación de Parámetros Físicoquímicos	68
A. Determinación pH por método potenciométrico	68
B. Conductividad Eléctrica por método potenciométrico	69
C. Sólidos Disueltos Totales por método potenciométrico	69
D. Turbidez por método fotométrico	70
D. Determinación de Dureza total por método volumétrico	71
E. Determinación de sulfatos por método fotométrico	73
F. Determinación de Plomo por método de Ion selectivo	74
CAPITULO V	
5.0 Resultados y análisis de resultados	77
5.1 Levantamiento de encuesta	77
A. Aspecto Social	92

	Pág. N°
B. Aspectos ambientales	93
C. Aspectos de salud	94
5.2 Guía de Inspección recomendada por la Organización Mundial de Salud	95
5.3 Resultados del Análisis Físicoquímico y Microbiológico en muestras de agua del sistema de distribución de La Hacienda La Estancia	96
CAPITULO VI	
6.0 Conclusiones	106
CAPITULO VII	
7.0 Recomendaciones	109
Bibliografía	
Anexos	

INDICE DE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Mapa de la zona de estudio
- 2 Formato de encuesta realizada en La Comunidad La Hacienda La Estancia Municipio de Moncagua Departamento de San Miguel
- 3 Guía de inspección higiénico – sanitario especificado por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S).
- 4 Fotografías de los puntos de toma de muestras del sistema de distribución de agua de la Comunidad Hacienda La Estancia
- 5 Herramienta para determinar muestras representativas de encuesta
- 6 Equipo, materiales y reactivos
- 7 Preparación de reactivos y medios de cultivo para análisis microbiológicos
- 8 Procedimientos de análisis microbiológicos utilizados para el análisis de las muestras de agua
- 9 Estimación de la densidad bacteriana en muestras de agua para prueba de tubos múltiples
- 10 Procedimientos de análisis fisicoquímicos utilizados para el análisis de las muestras de agua.
- 11 Certificados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos de agua
- 12 Junta directiva de la ADESCO La Estancia

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág. N°
1	Códigos de las muestras para análisis fisicoquímicos y Microbiológicos en época seca (julio) y lluviosa (octubre) de 2014.	61
2	Códigos de las muestras para análisis Microbiológico en agosto 2017.	62
3	Género de las personas encuestadas	77
4	Cantidad de personas que integran Los grupos familiares de las personas encuestadas.	78
5	Número de personas que trabajan	78
6	Respuestas sobre el número de personas con algún tipo de estudio de cada hogar encuestado.	79
7	Determinación de la cantidad de años de residencia en el sector	79
8	Formas de recolección del agua distribuida en los hogares encuestados	80
9	Tipo de tratamiento que recibe el agua recolectada en los hogares sujetos al servicio de distribución.	81
10	Tipos de actividades que se deben realizar en la zona en estudio para fomentar la conservación del agua.	82
11	Cantidad de personas que han colaborado en el desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y cuidados del agua en el sector	83
12	Cantidad de personas que han recibido algún tipo de capacitación relacionada al cuidado del agua.	83

Cuadro N°		Pág. N°
13	Cantidad de personas que tienen conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.	84
14	Cantidad de personas que conocen cual entidad ha desarrollado algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.	85
15	Cantidad de personas que respondieron sobre quién recae la responsabilidad de proteger el agua en la zona	86
16	Tipos de padecimientos más frecuente que los encuestados han detectado en sus hogares	97
17	Respuestas sobre las acciones a tomar en el caso de enfermedades en el hogar	88
18	Respuestas en cuánto a las visitas al mes que el promotor de salud realiza a los hogares de los encuestados	88
19	Frecuencia de consultas médicas recibidas en el año	89
20	Respuestas sobre el lugar de recepción del servicio medico	89
21	Tipo de letrinas más utilizada en los hogares de los encuestados	90
22	Distancia en metros de letrinas a la casa en los hogares de los encuestados	91
23	Se lava las manos antes y después de ir a la letrina	92
24	Cómo toma el agua para lavarse las manos	92
25	Resultados de la inspección al pozo de agua del sistemas de distribución de la Hacienda La Estancia	95

Cuadro N°		Pág. N°
26	Comparación de resultado de parámetros fisicoquímicos evaluados en época seca (julio) y lluviosa (octubre) de 2014	97
27	Comparación de resultado Microbiológicos de los análisis de agua realizados en época seca (julio) y lluviosa (octubre) de 2014	98
28	Comparación de resultado Microbiológicos de los análisis de agua realizados en agosto de 2017	99
29	Guía de inspección higiénico – sanitario especificado por la organización mundial de la salud	
30	Materiales, reactivos y equipos utilizados en el análisis fisicoquímico de agua	
31	Materiales reactivos, medios de cultivo y equipos utilizados en el análisis microbiológico de agua	
32	Índice del NMP con límites de confianza al 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 5 tubos con porciones de 20 mL de muestra	
33	Índice del NMP con límites de confianza al 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan 10 tubos con porciones de 10 mL de muestra.	

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Esquema del Ciclo del agua	34
2	Gráfico de la cantidad de años de residencia en el sector en estudio	79
3	Gráfico de la forma de recolección del agua distribuida y consumo diario en los hogares encuestados	80
4	Grafico del tipo de tratamiento que recibe el agua recolectada en los hogares encuestados	81
5	Gráfico de las actividades que considera la población encuestada se deben realizar para conservar el agua de la zona	82
6	Gráfico representando la cantidad de personas que han participado en desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y cuidados del agua en el sector.	83
7	Grafica representando la cantidad de personas que han recibido algún tipo de capacitación relacionada al cuidado del agua	84
8	Grafica representando la cantidad de personas que tienen conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector	85
9	Grafica representando la cantidad de personas que tienen conocimiento de la entidad que ha desarrollado algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector	86
10	Grafica representando la cantidad de personas que respondieron sobre quién recae la responsabilidad de proteger el agua en la zona	87

Figura N°		Pág. N°
11	Grafica representando la cantidad de consultas médicas recibidas por personas que respondieron la encuesta	89
12	Grafica representando la cantidad de consultas médicas recibidas por personas que respondieron la encuesta	90
13	Grafica representando la distancia en metros que tienen las letrinas con respecto a las viviendas de los encuestados	91

ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
UV	Ultravioleta
UV-Vis	Ultravioleta Visible
λ	Longitud de Onda
Nm	Nanómetros
Cm	Centímetros
LFQA	Laboratorio Físicoquímico de Aguas
g	Gramos
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organization for Standardization
mL	Mililitros
Mx	Muestra
μm	Micrómetro
NSO	Norma Salvadoreña Obligatoria
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
Min	Minutos
mg	Miligramos
m^3	Metro Cubico
m^2	Metro Cuadrado
NMP	Numero más probable
PPP	Perímetro de Protección de Pozos
RHP	Recuento Heterotrófico en Placa
UFC	Unidades formadoras de colonias
μg	Microgramos

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos al sistema de distribución de agua de La Hacienda La estancia, Municipio de Moncagua en San Miguel. Se tomaron muestras de agua de pozo, tanque y tres viviendas en dos periodos en el año 2014, y en agosto 2017.

Las muestras recolectadas se preservaron en hieleras, y se trasladaron a los laboratorios de tercería con sistemas de gestión de la calidad

Se realizó una investigación de campo por medio de encuestas, en donde se identificó información para evaluar el aspecto social, medioambientales y de salud de 222 viviendas adscritas al servicio de distribución de agua de la zona estudiada y a demás inspección al pozo.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos se mantuvieron bajo los límites máximos establecidos por la NSO 13.07.01: 08 “Agua, Agua Potable (segunda actualización)” no así en las evaluaciones microbiológicas las cuales tuvieron diferencias marcadas en su comportamiento entre las épocas seca y lluviosa en los parámetros coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, bacterias heterótrofas, *Pseudomona aeruginosa*.

El agua distribuida no reúne los requisitos de ser apta para consumo humano en los parámetros microbiológicos siendo la principal causa el poco mantenimiento y limpieza del sistema de distribución a cada vivienda y la falta de desinfección desde la fuente.

Los resultados obtenidos en el año 2014 se compararon con los del mes de agosto de 2017 evaluando los mismos parámetros microbiológicos.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION

Siendo el agua un líquido vital para la vida, y útil en todas las actividades cotidianas del ser humano, se vuelve importante determinar su calidad, porque la mayor parte de las enfermedades gastrointestinales infecciosas y parasitarias, son transmitidas por el consumo de agua de mala calidad.

Los factores que influyen en la contaminación del agua en las zonas rurales son muchos, siendo algunos de ellos: las actividades agrícolas y la inadecuada ubicación.

En esta investigación se llevó a cabo análisis fisicoquímico y microbiológico del agua extraída del pozo, tanque y tres viviendas del sistema de distribución que se utiliza para el consumo humano en la Comunidad de la Hacienda La Estancia del Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel en los meses de Julio y Octubre del año 2014 al mismo tiempo se encuestaron a 222 representantes de viviendas de un total 250 que comprende el servicio de distribución de esta comunidad, así como la inspección al pozo, para evaluar las condiciones higiénico - sanitarias y la presencia de focos de contaminación.

Se realizaron los análisis microbiológicos: bacterias heterótrofas, coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli* y microorganismos patógenos como *Pseudomona aeruginosa* y los análisis fisicoquímicos: conductividad, dureza total, pH, plomo, sólidos disueltos, sulfatos y turbidez; los resultados fueron comparados con las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua potable, NSO 13.07.01:08 agua potable.

El agua distribuida no reúne los requisitos para ser apta para consumo humano en los parámetros microbiológicos siendo la principal causa de esto: el poco

mantenimiento y limpieza del sistema de distribución a cada vivienda y la falta de desinfección desde la fuente.

Los análisis fisicoquímicos se llevaron a cabo en el Laboratorio fisicoquímico de agua de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador en dos épocas: época seca (julio) y época lluviosa (octubre) de año 2014. Y los análisis microbiológicos se realizó en el Laboratorio de Especialidades Microbiológicas Industriales, haciendo una actualización de los resultados en los parámetros microbiológicos en agosto de 2017 en el Laboratorio de Especialidades en Control de Calidad.

Se recomienda que La Junta directiva que administra la distribución del agua en la Hacienda La Estancia en Moncagua, realice: limpieza y mantenimiento del sistema de distribución, verificación de las condiciones higiénico - sanitarias del pozo; así como capacitación en desinfección del agua a la comunidad y gestionar programas de monitoreo de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en conjunto con la Alcaldía Municipal de Moncagua.

CAPITULO II
OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar análisis Físico químico y Microbiológico del Servicio de Agua Distribuida en La Hacienda La Estancia, Municipio de Moncagua, Departamento de San Miguel.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Recolectar información por medio de encuestas en los hogares de la Hacienda La Estancia, Municipio de Moncagua, para conocer el impacto a la salud y su uso.

2.2.2 Verificar las condiciones del pozo que abastece el sistema de distribución de agua a la Comunidad en estudio, a través de una guía de inspección, recomendada por la Organización Mundial de la Salud.

2.2.3 Determinar los Parámetros Físicoquímico (turbidez, pH, sólidos totales disueltos, plomo, sulfatos, dureza total, conductividad eléctrica) y Microbiológicos (coliforme totales, coliforme fecales, *Escherichia coli*, bacterias heterótrofas y *Pseudomonas aeruginosa*).

2.2.4 Comparar los resultados obtenidos de los Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos con los límites especificados en la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08: Agua, Agua Potable (Segunda Actualización).

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en La Hacienda La Estancia es un Cantón del Municipio de Moncagua del Departamento de San Miguel, en El Salvador con un número de habitantes de aproximadamente 1500 personas, con una cantidad de 250 viviendas a una distancia de 4 kilómetros del Municipio de Moncagua (ver anexo N° 1).

Esta comunidad se abastece con un servicio de agua ubicado en el mismo lugar, el cual cuenta con un pozo perforado de 87 metros de profundidad, con un nivel de 57 metros de agua y una bomba con capacidad de 15 caballos fuerza y un tanque con capacidad para 60 m³ (metros cubico).

El pozo está situado en un área forestada de dos manzanas de tierra que equivale a 20,000 m² (metros cuadrado), es decir 2 hectáreas, con cultivos de plantas frutales como: marañones, el área también cuenta con un nacimiento de agua que no se utiliza en el sistema de distribución en la actualidad, pero se utilizaba anteriormente para abastecer a dicho Cantón con este líquido vital.

Alrededor del área del pozo se cultiva maíz en época lluviosa, cuando esto sucede utilizan productos químicos como herbicidas y fitoquímicos, además presenta crianza de varias especies ganaderas cerca del lugar.

La distribución del agua es administrada por la Junta directiva de la Asociación de Desarrollo Comunal (ADESCO) de La Hacienda La Estancia y cuenta con 250 derechos activos adscritos, a los cuales distribuyen el agua de forma racionada y en horas específicas, para lo cual cada derecho activo cancela el servicio en cuotas establecidas según el costo de distribución.

3.2 Generalidades del agua ⁽²⁾

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O) y es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida.

El término agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en forma sólida como hielo, y en forma gaseosa como vapor.

El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre cubriéndola como océanos en los que se concentra el 96.5% del agua total, los glaciares y casquetes polares los depósitos subterráneos (acuíferos) poseen el 1.74%, el porcentaje restante se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

3.3 Propiedades del agua ⁽²⁾

- **Acción disolvente**

El agua es el líquido que más sustancias disuelve, por eso se dice que es el disolvente universal y presenta la propiedad, tal vez más importante para la vida, su capacidad para formar puentes de hidrógeno.

En el caso de las disoluciones iónicas los iones de las sales son atraídos por los dipolos de la molécula, quedando "atrapados" y recubiertos de moléculas de agua en forma de iones hidratados o solvatados.

La capacidad disolvente es la responsable de que sea el medio donde ocurren las reacciones del metabolismo.

- **Elevada fuerza de cohesión.**

Los puentes de hidrógeno mantienen las moléculas de agua fuertemente unidas, formando una estructura compacta que la convierte en un líquido

casi incompresible. Al no poder comprimirse puede funcionar en algunos animales como un esqueleto hidrostático.

- **Gran calor específico.**

Esta propiedad se encuentra en relación con los puentes de hidrógeno que se forman entre las moléculas. El agua puede absorber grandes cantidades de "calor" que utiliza para romper los puentes de hidrógeno por lo que la temperatura se eleva muy lentamente. Esto permite que el citoplasma acuoso sirva de protección ante los cambios de temperatura en células y de esta forma se mantiene la temperatura constante en los seres vivos.

- **Elevado calor de vaporización.**

Los puentes de hidrógeno son los responsables de esta propiedad. Para evaporar el agua, primero hay que romper los puentes y posteriormente dotar a las moléculas de agua de la suficiente energía cinética para pasar de la fase líquida a la gaseosa. Así, para evaporar un gramo de agua se precisan 540 calorías, a una temperatura de 20° C y presión de 1 atmósfera.

3.4 Los recursos hídricos en El Salvador ⁽²⁾

En El Salvador básicamente, existen tres tipos de fuentes de agua:

- **Aguas meteóricas:**

La oferta hídrica a través de la lluvia, es de un promedio de 1,823 mm anuales que representan un volumen de 38,283 millones de m³ de agua al año. Considerando una evapotranspiración potencial del 67%, se tiene un 33% como oferta hídrica restante, que equivale a 12,633 millones de m³ al año como aguas superficiales y subterráneas. El agua necesaria para el abastecimiento poblacional total del país, considerando 6.5 millones de habitantes y una dotación diaria de 250 litros por persona, es de 593 millones de m³ anuales, lo cual representa un 4.8% de la disponibilidad hídrica potencial. Sin embargo, a pesar que El Salvador cuenta con una abundante oferta hídrica a través de la lluvia, el agua es escasa en el ámbito

de disponibilidad, principalmente para consumo humano y en mayor medida en el área rural.

- **Aguas superficiales:**

El volumen de agua superficial existente en El Salvador es de 533.42 millones de m³ distribuidos en lagos y lagunas en toda la república. Las aguas embalsadas artificialmente se encuentran en presas construidas principalmente sobre el río Lempa, con un volumen de 715 millones de m³, los cuales sirven para la generación de energía eléctrica, sin contar algunas pequeñas cantidades para riego.

- **Aguas Subterráneas:**

Se localizan en una zona con cavidades conectadas entre sí. Están constituidas por el agua precipitada como lluvia, que se filtra a través de la tierra. Esta zona comprende: la zona de saturación y la zona de aeración, que quedan separadas por el nivel freático. En la zona de saturación, las cavidades están llenas de agua bajo presión hidrostática y reciben el nombre de aguas subterráneas, las que a su vez se dividen en freáticas y artesianas en la zona de aeración, las cavidades están llenas principalmente de gases atmosféricos y agua, pero no bajo presión hidrostática sino sostenida por atracción molecular, razón por la cual se llama agua suspendida.

Comprenden, la superficie de la profundidad, el agua del suelo aprovechada por las plantas; el agua vadosa o intermedia que es casi estacionaria o que se mueve hacia la zona de saturación por gravedad; y el agua capilar, por arriba del nivel freático, como una continuación de la zona de saturación.

La profundidad del nivel freático depende de la topografía y estructura del subsuelo. El país está caracterizado por seis unidades geomorfológicas y la calidad de los acuíferos con relación a su producción está directamente relacionada con cada una de ellas.

3.5 Tipos de Acuíferos ⁽²⁾

- **Acuíferos libres**

Son generalmente someros, donde el agua se encuentra relleno de poros y fisuras por acción de la gravedad. La superficie hasta donde llega el agua es denominada superficie freática y en los pozos es conocida como nivel freático.

- **Acuíferos confinados**

En estos acuíferos el agua se encuentra a presión entre capas impermeables, de modo que si se extrae agua no queda ningún poro vacío, sólo se disminuye la presión del agua que colabora con la sustentación de todos los materiales, pudiendo en casos extremos, llegar a producirse asentamientos del terreno. La superficie virtual que se formaría si se perforaran infinitos pozos en el acuífero confinado, que se denomina superficie piezométrica y que, dentro de un pozo, es conocida como nivel piezométrico.

3.6 Ciclo del agua ⁽²⁾

El agua se mantiene en un continuo movimiento en tres grandes espacios: el mar, el aire y la tierra. Pasa del mar a la atmósfera, de la atmósfera a la tierra y de la tierra de nuevo al mar.

Cuando la luz del sol calienta la superficie del mar, se evapora mucha agua que forma grandes nubes, estas son movidas por las corrientes de aire hacia la tierra si el terreno es montañoso, las nubes son movidas por el viento hacia la cima de los cerros. Conforme suben, la temperatura del aire es más baja, por lo que las nubes se enfrían, el vapor de agua se condensa y finalmente cae como lluvia. El choque constante de la neblina contra los árboles, hace que la humedad sea retenida por la estructura de los bosques y se desliza hacia abajo en gotas a través de la vegetación hasta llegar al suelo. Cuando el agua llega al suelo,

penetra lentamente hacia el interior, y se acumula en cavidades internas dentro de las montañas, de donde sale en forma de naciente.



Figura N° 1: Esquema del Ciclo del agua

Los nacientes aumentan su caudal al unirse para formar riachuelos y quebradas, las quebradas forman ríos que finalmente desembocan de nuevo al mar. El ciclo del agua se repite continuamente, manteniendo un proceso permanente de acumulación de agua en la tierra.

3.7 Importancia del agua para la vida ⁽²⁾

El agua constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos, e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos.

Desempeña de forma especial un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y, además, sirve de hábitat a una gran parte de los organismos. Dada la importancia del agua para la vida de todos los seres vivos, y debido al aumento de las necesidades de ella por el continuo desarrollo de la humanidad, el hombre está en la obligación de proteger este recurso y evitar toda influencia nociva sobre las fuentes del preciado líquido.

Es una práctica acostumbrada el ubicar industrias y asentamientos humanos a la orilla de las corrientes de agua, para utilizar dicho líquido y al mismo tiempo,

verter los residuos del proceso industrial y de la actividad humana. Esto trae como consecuencia la contaminación de las fuentes de agua y, por consiguiente, la pérdida de grandes volúmenes de este recurso. Actualmente, muchos países que se preocupan por la conservación, prohíben esta práctica y exigen el tratamiento de los residuos hasta llevarlos a medidas admisibles para la salud humana

El agua para consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad de agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), como aquella adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal. En esta definición se encuentra implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores.

Las enfermedades prevalentes en los países desarrollados, donde el abastecimiento de agua y saneamiento son deficientes, son causadas por bacterias, virus, protozoarios y helmintos.

Los consumidores deben tener conocimiento sobre el uso apropiado del agua, e higiene de los alimentos, así como la correcta disposición de excretas, los mensajes dirigidos a mejorar los hábitos y costumbres relacionados con el buen uso del agua, deben realizarse a través de programas educativos y en forma complementaria a las actividades propias del abastecedor.

3.8 **Contaminación del agua** ⁽²⁾

El agua es el mejor ejemplo de como la humanidad ha abusado de la naturaleza y por ello el deterioro de nuestro planeta. Los sistemas naturales de purificación del agua eran suficientes en épocas anteriores, cuando la población humana no era muy grande, ni se fabricaban productos tóxicos, como los que ahora se arrojan al drenaje.

Sin embargo uno de los resultados más perjudiciales del crecimiento demográfico y del desarrollo actual es precisamente, la contaminación del agua de los ríos, de los lagos e incluso de las corrientes subterráneas, las cuales tienen como fuente principal de contaminación la agricultura y la industria.

La contaminación del agua se debe principalmente a dos fuentes: natural y antropogénica. En esta última, los residuos producidos por las actividades humanas, en general son muy abundantes y son descargados en su mayoría al agua, algunos focos principales de contaminación antropogénica la constituyen: la agricultura y la industria.

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso al cual estaba destinado en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición.

En pocas palabras, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas.

La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura.

Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al 22 año y 20% de todas las especies acuáticas de agua fresca están extintas o en peligro de desaparecer.

3.9 Contaminantes del agua ⁽²⁾

- **Agentes patógenos:** Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- **Desechos que requieren oxígeno:** Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay

poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.

- **Sustancias químicas inorgánicas:** Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua.
- **Los nutrientes vegetales:** Pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).
- **Sustancias químicas orgánicas:** Petróleo, plásticos, plaguicidas, detergentes que amenazan la vida.
- **Sedimentos o materia suspendida:** Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- **Sustancias radiactivas:** Estas pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- **Calor:** Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno, esto hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

3.10 Enfermedades producidas por la contaminación del agua ⁽²⁾

De las 37 enfermedades más comunes entre la población de América Latina, 21 están relacionada con la falta de agua y con agua contaminada. En todo el mundo estas enfermedades representan 25 millones de muertes anuales.

Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criaderos de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua.

Las enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias son: cólera, tifoidea y paratifoidea, disentería basilar y amebiana,

diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras. La enfermedad transmitida, los síntomas y su tratamiento dependen del tipo de microorganismo presente en el agua y de su concentración.

3.11 Tipos de pozo para abastecimiento de agua ⁽²⁾

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas.

Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de construcción.

- **Pozo excavado:** Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

- **Pozo taladrado:** Aquel en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

- **Pozo a chorro:** Aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad, el chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco.

- **Pozo clavado:** Aquel que se construye clavando una rejilla con punta, llamada puntera. A medida que esta se clava en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados. Son de pequeño diámetro.

- **Pozo perforado:** La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar.

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración o facilidad de protección contra la contaminación.

3.12 Prevención de la contaminación de pozos ⁽²⁾

Una de las formas más antiguas de proteger las aguas subterráneas de la contaminación indeseada, es la restricción de ciertas actividades y del uso del terreno en la zona que circunda una fuente de captación de estos recursos hídricos.

Estas zonas buscan en verdad proteger el área que alimenta directamente al pozo, es decir “Zona de Captura”, que es función tanto de las condiciones hidrogeológicas del acuífero, como de los caudales bombeados por los pozos.

a. Perímetro de Protección de Pozos (PPP)

Existen muchas metodologías para el trazado de los perímetros de protección de pozos, que van desde restricciones en áreas de radios fijos trazados de forma arbitraria hasta la utilización de complejos modelos matemáticos o numéricos; Cuando no se dispongan de datos hidrogeológicos suficientes para optar por un método más acertado para el trazado de los PPP, podría utilizarse el método de los radios fijos arbitrarios.

b. Método de los Radios Fijos Arbitrarios

En este método se restringen actividades en 3 zonas, una inmediata, o sea, la más cercana al pozo, una próxima y una lejana, de la siguiente forma:

- **Zona Inmediata:** Corresponde a una zona con un radio no menor a 30 m. a partir del pozo, en la cual no se debe permitir ninguna actividad que no esté relacionada con la operación del mismo. Esta es la zona de máxima protección.

- **Zona Próxima:** Esta zona tiene como objetivo proteger al acuífero de cualquier contaminación microbiológica. Su trazado está basado en distancias equivalentes a un tiempo de tránsito horizontal entre el radio externo de la zona y el pozo, que varía entre 10 y 400 días, sin embargo, según investigaciones realizadas en áreas con comprobada contaminación por patógenos, es aceptable un tiempo de tránsito de 50 días.
Esta zona puede tener un radio que varía generalmente entre 50 y 300 m, dependiendo de las condiciones hidrogeológicas, del espesor de la zona no saturada y del caudal de bombeo del pozo. Pueden admitir en la zona actividades controladas y el paso de vehículos y personas debe ser restringido.

- **Zona Lejana:** Esta zona tiene como objetivo ejercer un control diferencial de las fuentes puntuales y difusas de contaminación. No existen criterios claros para su definición debido a la existencia de diferentes tipos de contaminantes (degradantes y persistentes). Una opción de trazado sería una distancia equivalente a un tiempo de tránsito una orden de magnitud superior al utilizado para la zona intermedia. Esta zona suele tener un radio de varios centenares de metros, hasta más de 1km.

3.13 Condiciones higiénico sanitarias en los pozos. (2)

Se pueden tomar las siguientes medidas preventivas para asegurarse de la buena calidad del agua.

- **Mantener siempre tapado y protegido el pozo:** Si la fuente de agua lo permite, asegurarse de que siempre esté tapada y protegida para evitar la introducción de elementos que contaminan el agua, por ejemplo, insectos, polvo, animales, heces, etc. El pozo debe tener un reborde de protección y un revestimiento interno, es importante vigilar constantemente el estado del pozo para detectar posibles daños.
- **Mantener limpio el lugar donde se recolecta el agua:** Una fuente de agua en mal estado puede convertirse en un foco de contaminación tanto por el agua sucia dentro de ella, como por la suciedad que la rodea. Barrer diariamente para evitar basura cerca del pozo y los alrededores. Para evitar que en los alrededores del pozo haya lodo, se deben limpiar los desagües en forma regular para que las aguas drenen adecuadamente.
- **Mantener los animales alejados del pozo:** Construyendo una cerca alrededor se evita que los animales contaminen el agua y que dañen la infraestructura del pozo.
- **Transportar el agua correctamente:** Antes de recolectar el agua lavar bien los recipientes; lavarse las manos y transportar el agua en recipientes con tapadera.
- **Mantener y sembrar árboles:** Se debe evitar cortar los árboles de los alrededores del pozo, ya que sus ramas proyectan sombra sobre la fuente del agua y así reducen su evaporación. La vegetación en general, además de prevenir la erosión de la tierra, facilita la penetración del agua en el suelo.

- **Bañarse y lavar la ropa en un lugar retirado:** Idealmente cada vivienda debe tener un lugar especial para la higiene personal. En cuanto al lavado de ropa, si no es posible hacerlo en la pila del hogar, la comunidad debe construir instalaciones públicas.
- **Cuidar la fuente de agua de productos químicos:** Se debe evitar el uso de pesticidas y abonos químicos en los cultivos que quedan cerca de la fuente de agua. Tampoco se deben almacenar productos químicos a menos de 50 metros de la fuente para evitar la infiltración de elementos tóxicos en el agua.
- **Usar bien la letrina:** Las heces que se deja al aire libre puede llegar a contaminar el agua, causando diarreas e infecciones parasitarias a las personas que la consuman. El buen uso de la letrina impide que los microorganismos de las heces lleguen a contaminar el agua. Hay que tener en cuenta, por el riesgo de infiltración, que una letrina de fosa no debe construirse en lugares donde existan pozos a menos de 15 metros de distancia.

3.14 Prevención y control de la contaminación de las aguas ⁽¹⁰⁾

Con el fin de establecer los aspectos de calidad que el agua para consumo humano debe presentar, el estado ha establecido la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 Agua, Agua Potable (segunda actualización) como referente de la calidad, la cual tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública, aplicándola en todo el territorio nacional y considerando todos los servicios públicos, municipales y privados sea cual fuere el sistema o red de

distribución, en lo relativo a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea su estado físico.

Este marco normativo establece:

- Requisitos de calidad físico-químicos
- Requisitos de calidad microbiológicos

3.15 Parámetros físicos ⁽¹⁸⁾

A. Determinación de pH

Aunque el pH no ejerce por lo general un efecto directo en los consumidores, es uno de los principales parámetros operativos de la calidad del agua al que se debe prestar gran atención en todas las fases del tratamiento a fin de que el agua se clarifique y desinfecte satisfactoriamente.

El pH óptimo varía según la composición del agua y el tipo de materiales de construcción utilizados en el sistema de distribución, pero con frecuencia se sitúa entre 4,0 a 9,0. Los valores extremos del pH pueden ser resultados de vertimientos accidentales, de interrupciones del proceso de tratamiento o del curado insuficiente del revestimiento del mortero de cemento utilizado en las tuberías.

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas ya que prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, suavizado, precipitación, coagulación, desinfección y control de la corrosión, dependen del pH.

Con respecto al método para la determinación de pH, el aceptado como medida de acidez o alcalinidad, es detectado por un cambio de potencial detectado por un electrodo de vidrio calomel esta medida es tomada por comparación contra una solución buffer, el pH natural del agua se encuentra entre 4-9 en la mayoría de casos el agua es levemente básica debido a la presencia del sistema $\text{CO}_3\text{-HCO}_3$.

El método es aplicable para aguas para tomar, de superficies, salinas, y aguas de desecho doméstico e industrial, aceites y grasas en este último caso podría provocarse una lectura lenta por cobertura del electrodo.

B. Sólidos disueltos totales

El total de sólidos en disolución está constituido fundamentalmente por sustancias inorgánicas, las principales son el calcio, el magnesio, el sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Un aspecto importante de los sólidos disueltos totales con respecto a la calidad del agua potable, es su efecto sobre el sabor.

Por lo general se considera que el gusto del agua es bueno cuando la concentración de sólidos disueltos totales es inferior a 600 mg/L., mientras que con concentraciones superiores a 1200 mg/L el agua adquiere un sabor cada vez más degradable. Por lo general, los sólidos disueltos totales no son eliminados en las plantas convencionales de tratamiento de agua. Aunque no se han registrado efectos fisiológicos nocivos de 1000 mg/L. Se han considerado como regla, que sería inaceptable exceder este nivel. El valor recomendado de acuerdo con la Norma Salvadoreña Obligatoria es un valor máximo admisible de 600 mg/L.

C. Turbidez

La transparencia del agua es importante para la elaboración de productos destinados para el consumo humano y numerosos usos industriales. La transparencia de una masa natural de agua es un factor decisivo para la calidad y productividad de estos sistemas. La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. La turbidez es una expresión de la

propiedad óptica que origina que la luz se disperse y se absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra. Es necesario determinar la turbidez el mismo día en que se toma la muestra. Si es inevitable una conservación más prolongada, almacenar la muestra en ambiente oscuro hasta 24 horas. No almacenar por largos periodos por la posible aparición de cambios irreversibles de la turbidez.

El valor máximo permisible según la norma salvadoreña obligatoria es de 5 UNT (unidades de turbiedad nefelometría.)

Una turbiedad que excede el valor guía de 5 UNT es generalmente objetable para los consumidores. Cuando hay una mayor turbiedad en el agua del grifo del consumidor que en el agua que ingresa en el sistema de distribución es posible que este indicando contaminación, corrosión u otros problemas de distribución posteriores al tratamiento.

D. Conductividad eléctrica

Es una expresión numérica de la capacidad de una muestra de agua para conducir la corriente eléctrica. Este número depende de la concentración de sustancias ionizadas disueltas en el agua y a la temperatura que se realiza la medición: El valor recomendado según NSO es de 500 $\mu\text{mho/cm}$, y un valor máximo admisible de 1600 $\mu\text{mho/cm}$. ambas medidas a 25°C.

3.16 Parámetros Químicos

A. Dureza

La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente calcio y magnesio provenientes de la disolución de rocas y minerales que será mayor cuando sea más elevada la acidez del agua. Es por tanto una medida del estado de mineralización del agua y se suele expresar como mg/L de CaCO_3 . El Método volumétrico del ácido etilendiamino tetracético 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 ± 0.1 se le añade una pequeña cantidad de colorante como negro de eriocromo T o colmegita, la solución toma un color rojo vino. Si se añade EDTA como reactivo de titulación, los iones calcio y magnesio forman un complejo y cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiara del rojo vino al azul señalando el punto final de la titulación.

B. Sulfatos

Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. En los sistemas de agua para uso doméstico, los sulfatos no producen un incremento en la corrosión de los accesorios metálicos, pero cuando las concentraciones son superiores a 200 mg/L, se incrementa la cantidad de plomo disuelto proveniente de las tuberías de plomo. El método de cuantificación se realiza por medición fotométrica.

C. Plomo

El plomo es un elemento que no se encuentra naturalmente en el cuerpo humano, es acumulativo, toxico y la ingestión del agua que lo contenga en pequeñas cantidades puede dar lugar a síntomas de envenenamiento con plomo (conocido como saturnismo).

El plomo es un metal distribuido en la naturaleza, las principales fuentes de exposición ambiental al plomo es la ingestión de conservas en latas con soldaduras de plomo, la ingestión de agua con plomo procedente de fuentes naturales o del material de tuberías o de soldaduras, especialmente en zonas cuyas aguas son blandas y acidas, también la inhalación de humo y partículas generadas en combustiones industriales o el tráfico constituyen una fuente de contaminación.

Una vez depositado en el suelo queda en su mayor parte retenido en la capa superficial (2 – 5 cm de profundidad), especialmente en suelos con un contenido en materia orgánica superior al 5% y un pH mayor de 5.

El plomo no se lixivia fácilmente hacia las capas profundas del subsuelo y hacia el agua subterránea excepto en medios muy ácidos. Las intoxicaciones por plomo son muy poco frecuentes y tiene lugar por la ingestión de compuestos de plomo o la inhalación de vapores, los síntomas de las intoxicaciones agudas son: sequedad en la boca, sed y gusto metálico, seguido por náuseas, dolores abdominales y vómitos.

3.17 Parámetros microbiológicos ⁽¹⁸⁾

A. Generalidades

El agua de calidad apta para consumo humano cuando entra al sistema de distribución, puede contaminarse a través de conexiones cruzadas, rotura de las tuberías del sistema de distribución, conexiones domiciliarias, cisternas y reservorios defectuosos, grifos contra incendios dañados y durante el tendido de nuevas tuberías o reparaciones realizadas sin las mínimas medidas de seguridad.

Asimismo defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencia o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes.

Además existen factores secundarios que permiten el crecimiento de microorganismos en el agua dentro de los sistemas de distribución y almacenamiento como: cantidad y tipo de nutrientes, oxígeno, temperatura, pH, concentraciones de desinfectante y material de las tuberías.

La determinación de microorganismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de patógenos, es un principio de aceptación

universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de abastecimiento de agua.

Estos microorganismos deben cumplir diferentes requisitos como:

- Ser inofensivos para humanos,
- Permanecer más tiempo que los microorganismos patógenos y con ausencia demostrar un agua segura libre de microorganismos patógenos.
- Debe ser específico de contaminación fecal, es decir, hallarse en forma constante en las heces y estar asociado a las aguas residuales.
- Debe ser fácilmente aislable, identificable y numerable en el menor tiempo posible y con el menor costo.
- Debe ser capaz de crecer en los medios de cultivo comunes, estar distribuido al azar en las muestras y ser resistente a la inhibición de su crecimiento por otras especies.

El objetivo de las normas y estándares es el controlar la cantidad de un determinado microorganismo en el agua, siendo este microorganismo la causa de una enfermedad específica o un indicador de las condiciones dentro de las cuales se podría transmitir esa enfermedad.

B. Las bacterias heterótrofas. (9)

Son bacterias que usan compuestos del carbono orgánico como fuente de energía y el carbono para su crecimiento, en contraposición con las bacterias autótrofas que utilizan los compuestos inorgánicos como fuente de energía y el CO₂, como fuente de carbono. Esta definición de bacterias heterótrofas es amplia e incluye tanto a las bacterias saprofitas como a las patógenas.

Por lo tanto, las bacterias que causan y las que no causan enfermedades son heterótrofas.

El recuento heterotrófico en placas (RHP) es un procedimiento que se puede realizar por el método de placa fluida, difusa o filtración por membrana. Esta prueba puede indicar la eficacia y eficiencia de los procesos de tratamiento de agua, como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo del RHP en el agua distribuida puede proporcionar información sobre la limpieza del sistema de distribución, desarrollo de bacterias después del tratamiento.

El recuento heterotrófico de placa, anteriormente denominado recuento estándar en placa, es un procedimiento cuyo objeto consiste en calcular el número de bacterias vivas heterótrofas que existen en el agua y medir los cambios que se producen a raíz del tratamiento y distribución de las aguas. Las colonias pueden surgir en pares, cadenas, grupos o células únicas, todas ellas englobadas bajo el término de unidades formadoras de colonias (UFC). El número final depende de la interacción entre las colonias en desarrollo.

C. El grupo coliforme. ⁽⁹⁾

El grupo coliforme está formado por todas las bacterias aerobias y anaerobias y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C. Este grupo de coliformes es un buen indicador microbiano de la calidad del agua de consumo.

Abarca los géneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*. Cuatro de estos géneros (*Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Serratia*) se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos). No están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud.

Las bacterias coliformes, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, y si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o que se produjo contaminación posterior. Se ha demostrado que las especies de *Enterobacter* y *Klebsiella* colonizan con frecuencia las superficies interiores de las cañerías de agua y tanques de almacenamiento (a menudo llamado “rebote”) y crecen formando una biopelícula cuando las condiciones son favorables, es decir, presencia de nutrientes, temperaturas cálidas, bajas concentraciones de desinfectantes y tiempos largos de almacenamiento. En este sentido, la determinación de coliformes se usa como indicador de la eficacia del tratamiento.

D. Los coliformes fecales (termos resistentes. (9)

Estas bacterias se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar la lactosa a 44-45 °C, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termorresistentes distintos de *Escherichia coli* pueden proceder también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición.

Como los organismos coliformes termorresistentes se detectan con facilidad, pueden desempeñar una importante función secundaria como indicadores de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. La clasificación de los estreptococos se ha establecido tomando en consideración la morfología de la colonia las reacciones hemolíticas, la especificidad serológica, las reacciones bioquímicas, la resistencia a factores físicos y químicos y finalmente a las características ecológicas.

El grupo de los Enterococos es un subgrupo de los Estreptococos fecales que recientemente han sido considerados como organismos de supervivencia

superior a los coliformes en aguas. Los estreptococos fecales han sido utilizados con los coliformes fecales para diferenciar la contaminación fecal del hombre; de otros animales de sangre caliente. La razón entre coliformes fecales y estreptococos fecales proveen información acerca de la fuente de contaminación. Los estreptococos fecales rara vez se multiplican en agua contaminada y son más persistentes que *Escherichia coli* y las bacterias coliformes. Además los estreptococos son muy resistentes al secado y pueden ser utilizados para realizar controles sistemáticos después de la colocación de nuevas tuberías maestras o la reparación de los sistemas de distribución, así como para detectar la contaminación de aguas subterráneas o superficiales.

E. *Escherichia coli*. (9)

Esta especie es móvil, forma ácido y gas de la lactosa a 44 °C y a temperaturas inferiores, es indol positivo a 44 y 37 °C, rojo de metilo positivo, Voges Proskauer negativo, no crece en medios de citrato y cianuro de potasio, además de ser maleato y gluconato negativo, produce H₂S y descarboxila la lisina generalmente.

Existen los llamados “colis fecales” que se presentan normalmente en el intestino del hombre y animal y es natural suponer que su presencia en los alimentos indica reciente contaminación con heces.

Sin embargo, *Escherichia coli* se encuentra muy difundida en la naturaleza y aunque en 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 si sugiere un bajo nivel de higiene.

F. Técnicas para el estudio microbiológico (5)

Las técnicas van encaminadas a establecer el grado de contaminación con residuos. Se trata de las más avanzadas técnicas disponibles, aunque, lógicamente, deben de tenerse presentes sus limitaciones.

Estas técnicas se utilizan para la detección y recuento de microorganismos indicadores. El grupo de bacterias coliformes, es el principal indicador de la adecuación del agua para usos domésticos, industriales y de otro tipo.

La densidad del grupo de los coliformes es un indicador del grado de contaminación y, por tanto, de la calidad sanitaria. Tanto el significado de las pruebas como su interpretación están bien precisados y se han utilizado como patrones de comparación de la calidad bacteriológica de los suministros de aguas.

G. Técnicas del recuento heterotrófico en placas (5)

El recuento heterotrófico en placas 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. Aunque no es esencial para evaluar la seguridad del agua potable, los resultados del recuento proporcionan información que complementa los resultados de los coliformes totales. El recuento en placa de heterótrofos se puede utilizar para indicar la composición bacteriana general del agua de la fuente y la eficacia y eficiencia de los procesos de tratamiento del agua, como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo del recuento 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.

i. **Método de placa fluida:** (5)

El método de placa fluida para el análisis de heterótrofos, de las muestras de agua, presenta algunas desventajas que limitan la recuperación de las bacterias. Como usa agar licuado a una temperatura de 44 a 46 °C, las bacterias en la muestra de agua están expuestas a la presión del calor, lo cual puede hacer que los microorganismos no sean viables. Además, como se emplea un medio rico en nutrientes, es probable que las bacterias fisiológicamente estresadas o dañadas no se desarrollen debido a alguna forma de inhibición metabólica.

Tanto la presión del calor como el medio de crecimiento rico producen una recuperación reducida de las bacterias. Otra desventaja es que mediante este método sólo se puede analizar un máximo de 1,0 ml de muestra.

ii. **Método de placa difusa.** (5)

Este método, que es un procedimiento alternativo al recuento en placa, evita la tensión del calor del agar licuado usado en el método de placa fluida. Las colonias de bacterias crecen en la superficie del agar en lugar de estar contenidas en el agar, como sucede en el procedimiento de placa fluida, lo cual favorece la reproducción de bacterias aerobias que no se podrían desarrollar bien o no se desarrollarían del todo si estuvieran contenidas en el agar. Por lo general, cuando se aplica un período de incubación no mayor de 3 días, se produce un mejor desarrollo de la pigmentación en las colonias de bacterias, independientemente del medio usado. Las placas se pueden preparar previamente y almacenar hasta por una semana mientras que el escape de agua por placa no exceda los 2 ó 3 g. El volumen máximo de muestra que se puede examinar es 1,0 mL, pero generalmente es recomendable examinar un volumen de 0,1 mL a 0,5 mL.

- iii. **Filtración por membrana** Esta técnica es altamente reproducible, puede utilizarse para estudiar volúmenes relativamente grandes de muestra y proporciona resultados numéricos más rápidos que el método de los tubos múltiples. Es útil para controlar las posibles situaciones de urgencia en relación con el agua potable y para estudiar distintas aguas naturales. Sin embargo, esta técnica tiene limitaciones, sobre todo para estudiar aguas con elevada turbidez o que contengan bacterias no coliformes. El método se basa en la filtración de un volumen conocido a través de un filtro de membrana, hecha en base algún compuesto de celulosa y con un diámetro de poros uniformes de $0.45\mu\text{m}$; las bacterias son retenidas en la superficie de la membrana filtrante. Cuando la membrana que contienen las bacterias se incuban en un recipiente estéril, a una temperatura apropiada con un medio de cultivo selectivo diferencial, se desarrollan colonias características de coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* cuyo recuento se puede efectuar en forma directa.

Las ventajas del método son:

- Los resultados se obtienen más rápidamente; el número de coliformes puede calcularse en menos de 24 horas, mientras que el método de tubos múltiples requiere 48 horas, siendo irrelevante si se obtienen resultados negativos o presuntamente positivos.
- Reduce el trabajo requerido y ahorra ciertos insumos.
- Brinda resultados directos.
- Es fácil de usar en los laboratorios y hasta en el campo, mediante el empleo de equipos portátiles.

H. Técnicas de los tubos múltiples de fermentación. (5)

Para la aplicación del procedimiento de tubos múltiples en la determinación de la densidad de coliformes totales es evidente que deben ser consideradas tres

etapas: la prueba presuntiva, la prueba confirmativa y la prueba complementaria.

En la prueba presuntiva, la actividad metabólica de las bacterias es estimulada vigorosamente y ocurre una selección densa de los organismos que utilizan la lactosa. Después de la incubación a 35°C, un cultivo de cada tubo gas-positivo en la prueba presuntiva se transfiere a un tubo de medio para la prueba confirmativa. Esta prueba reduce la posibilidad de resultados falsos gas-positivos que puedan ocurrir por la actividad metabólica de los organismos formadores de esporas o por la producción sinérgica de gas debido a que algunas cepas bacterianas no pueden, individualmente, producirlo a partir de la fermentación de la lactosa. Es ocasionalmente necesario aislar estas bacterias productoras de gas e identificarlas como coliformes por la prueba complementaria para verificar que esta prueba confirmativa ha eliminado selectivamente todos los tubos con resultados falsos positivos.

- i. Prueba presuntiva:** Volúmenes determinados de muestra en caldo lactosado o caldo laurilsulfato-triptosa se incuban a $35 \pm 0,5$ °C, durante 24 – 48 horas. La formación de gas a partir de lactosa es prueba presuntiva de bacterias coliformes. Para agua potable se ha propuesto usar las siguientes series: 10 mL en 5 tubos; 1 mL en un tubo y 0,1 mL en un tubo. La siembra de 10 mL de muestra se hace en tubos con 10 mL del medio de cultivo a doble concentración.
- ii. Prueba confirmativa:** Se traspasa una pequeña cantidad de cultivo de todos los tubos positivos del ensayo presuntivo a tubos con caldo lactosado bilis-verde brillante 2% (CLBVB). Se incuban a $35 \pm 0,5$ °C por 24 y 48 horas. La producción de gas se considera como prueba confirmativa y los resultados se expresan como NMP.

iii. Prueba completa: Se hace aislamiento de bacterias desde los tubos positivos de caldo lactosado bilis verde brillante en placas de Agar Eosina-Azul de metileno. Se incuba a $35 \pm 0,5$ °C por 24 horas, y si aparecen colonias típicas de coliformes (rosado oscuro, con núcleo central con o sin brillo metálico) se traspasan a tubos de caldo lactosado y de agar nutritivo inclinado. Se considera positiva la aparición de gas en el cultivo en caldo lactosado y la presencia de bacilos gramnegativos no esporulados en cultivo en agar inclinado.

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio.

A. Transversal:

La investigación se realizó durante un tiempo determinado de agosto-noviembre del año 2014 y agosto de 2017 en el cual interesaba estudiar el problema específicamente en el momento en que se realizó la investigación.

B. De campo:

Se realizó un levantamiento de encuesta, una guía de inspección y toma de muestra de agua en la comunidad en estudio, para verificar el sistema de distribución (desde el pozo, tanque de captación y tres puntos de distribución al azar), el tratamiento y el uso que se da al agua.

C. Experimental:

Se analizaron las muestras de agua recolectadas en la época seca y lluviosa de 2014, en el Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, y los Análisis Microbiológicos en el Laboratorio Especialidades Microbiológicas Industriales (ESMI), ambos laboratorios cuentan con sistemas de gestión de la calidad acreditados por el Organismo Salvadoreño de Acreditación (OSA) bajo la Norma internacional ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración".

4.2 Investigación bibliográfica

La investigación se realizó en las bibliotecas:

- Dr. Benjamín Orozco de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Central de la Universidad de El Salvador.
- Repositorio institucional de la Universidad de El Salvador.
- Virtual de la Universidad de El Salvador.
- Internet.

4.3 Investigación de campo

Se llevó en dos etapas:

- A. Inspección higiénico-sanitaria al pozo de agua de la comunidad y utilizando una encuesta (ver anexo No. 2) y guía de inspección higiénico-sanitaria especificada por la Organización Mundial de la Salud (ver anexo No. 3), lo que permite conocer y visualizar, los factores que pueden ocasionar la contaminación del agua del sistema de distribución de la Hacienda La Estancia, Municipio de Moncagua en el departamento de San Miguel. El uso que las personas en cada vivienda le dan, según la ADESCO encargada de la administración del recurso, lleva a cabo con el agua distribuida.

- B. Toma de muestras se realizó en dos periodos año 2014 (época seca y época lluviosa): evaluando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo a las especificaciones de la Norma Salvadoreña Obligatoria para la calidad del agua potable NSO 13.07.01:08 Agua, Agua potable (segunda actualización), para contrastar los resultados obtenidos con los límites máximos admisibles establecidos.

4.3.1 Universo

Lo constituye el agua distribuida en los grifos de cada derecho activo, el tanque de distribución y el pozo que abastece a la comunidad.

4.3.2 Muestra

Grifos, tanque y pozo del sistema de distribución.

4.3.3 Calculo de numero de encuestas en el sitio de estudio

La cantidad de derechos activos a encuestar se obtuvo como resultado del instrumento “Herramienta para determinar la Muestra Representativa para la aplicación de la Encuesta de Autoevaluación del Sistema de Control Interno Institucional en el Nivel Operativo” (ver anexo N°5), indica el número de encuesta a realizar en el sitio de estudio.

4.3.4 Muestras para Análisis Físicoquímico y Microbiológico

Agua destinada a consumo humano del pozo, tanque, y 3 derechos activos de la Hacienda La Estancia, municipio de Moncagua, departamento de San Miguel, seleccionados al azar para un muestreo dirigido y puntual, estas fueron recolectadas en dos épocas: época seca (julio) y época lluviosa (octubre) año 2014 y una nueva actualización de parámetros microbiológico en agosto 2017, además los puntos de tomas de muestra en todos los casos fueron grifos.

4.4 Procedimiento para la toma de muestra de agua para análisis microbiológico. ⁽⁷⁾

- a) Limpiar la boca del grifo con un algodón humedecido con alcohol.
- b) Esterilizar la boca del grifo por un minuto con llama encendida de mechero.
- c) Abrir la llave del grifo dejando fluir el agua durante 5 – 10 minutos.

- d) Quitar el tapón del frasco esterilizado y evitar cualquier contacto con el interior del recipiente.
- e) Colocar el frasco de vidrio de 1Lt debajo del grifo y llenar.
- f) Tapar el frasco y rotular.
- g) Colocar la muestra en una hielera y preservar a temperatura entre 4 – 10 °C para posterior traslado al Laboratorio para su respectivo análisis.

4.5 Procedimiento para la toma de muestra de agua para análisis fisicoquímico. ⁽⁷⁾

- a) Limpiar la boca del grifo con algodón humedecido en alcohol.
- b) Abrir la llave del grifo y dejar fluir el agua durante 5 – 10 minutos.
- c) Ambientar el frasco plástico de 1000 mL con el agua de muestra, descartando luego el contenido, y repitiendo este paso por al menos 3 veces consecutivas y descartando.
- d) Llenar el frasco con la muestra de agua a analizar.
- e) Tapar el frasco, y rotular. Analizar la muestra desde del paso c. a que se debe esta parte marcada.
- f) Colocar las muestras en hielera.
- g) Introducir frigoríficos para preservar las muestras para su posterior traslado al Laboratorio.

Cuadro N° 1: Códigos de las muestras para análisis fisicoquímicos y Microbiológicos en época seca (julio) y lluviosa (octubre) de 2014.

Puntos de muestreo del sistema de distribución de agua	Época seca		Época lluviosa	
	Fisicoquímico	Microbiológico	Fisicoquímico	Microbiológico
Derecho Activo 1	25-14-01	40092014 M	33-14-01	57932014 M
Derecho Activo 2	25-14-02	40102014 M	33-14-02	57942014 M
Derecho Activo 3	25-14-03	40112014 M	33-14-03	57952014 M
Pozo	25-14-04	40072014 M	33-14-04	57962014 M
Tanque	25-14-05	40082014 M	33-14-05	57972014 M

Para contrastar resultados actuales con los realizados en el año 2014, se realizó el análisis microbiológico de las mismas muestras, ingresando con los siguientes códigos.

Cuadro N° 2: Códigos de las muestras para análisis Microbiológico en agosto 2017.

Puntos de muestreo del sistema de distribución de agua	Análisis Microbiológico
Derecho Activo 1	AG-708-607
Derecho Activo 2	AG-708-606
Derecho Activo 3	AG-708-608
Pozo	AG-708-603
Tanque	AG-708-604

4.6 Determinación de Parámetros Microbiológicos

A. Determinación de recuento de bacterias heterótrofas por método de filtración por membrana (18)

Fundamento:

El recuento heterótrofo en placa (RHP), es un procedimiento cuyo objeto consiste en contar el número de bacterias viables heterótrofas que existen en el agua y medir los cambios que se producen a raíz del tratamiento y distribución de las aguas.

Procedimiento

- a. Seleccionar las diluciones.
- b. Las diluciones se seleccionaron de forma que el número de colonias en una placa sea de 30 a 300, si se sospecha que el recuento heterótrofo en placa alcanzara 3000, se preparan placas con diluciones de 10^{-2} .

- c. Medición de las porciones de la muestra: Utilizar volumen de 100 mL de muestra del material procedente de cada envase o diseñar el volumen final de dilución a 100 mL.
- d. Licuación del medio para recuento en placa: Licuar el medio de agar solido estéril en agua hirviendo. No se re esterilizará el medio cuando ya esté en la placa. Mantener el medio líquido en un baño de agua entre 44° y 46°C hasta que llegue el momento de usarlo y preparar el equipo para filtración por membrana, también se pueden utilizar medios de fábrica como Petrifilm, estas placas están listas para la muestra, lo que elimina la preparación de los medios o placas de agar y es compatible con sistemas de filtración de membrana.
- e. Armar el equipo de filtración por membrana (ver figura N° 24)
- f. Medición de las diluciones:(ver figura N° 25), Verter 100 mL de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar, encender la bomba de vacío. Lavar el embudo con aproximadamente 100 mL de agua peptonada al 0,1%.
- g. Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de petri que contiene el medio de cultivo correspondiente al microorganismo que se va a identificar: bacterias aerobias mesófilas en agar para recuento en placas y *Pseudomona aeruginosa* en agar Cetrimide
- h. Levantar la tapadera de la caja de petri lo suficiente para introducir la membrana filtrante, Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo: Agar Recuento en Placa. Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.
- i. Incubación: Incubar las placas en forma invertida, a las diferentes temperaturas y tiempos, de acuerdo al microorganismo investigado:

Bacterias Mesófilas Aerobias y Heterótrofas Incubación $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 a 48 horas.

- j. Recuento: Colocar las placas en un contador de colonias y determinar el número de unidades formadoras de colonia (UFC).

B. Determinación de coliformes totales y coliformes fecales por método de fermentación en tubos múltiples ⁽⁷⁾

Fundamento:

En el método de los tubos múltiples (TM), se siembran o inoculan volúmenes parciales de una muestra de agua en una serie de tubos de ensayo que contienen un medio de caldo de cultivo adecuado.

Después de un período de incubación específico a una temperatura dada, cada tubo que muestra formación de gas es considerado como “presuntamente positivo”, ya que esto indica la posible presencia de bacterias coliformes; sin embargo, como también otros organismos pueden producir gas, es aconsejable una subsecuente prueba de confirmación.

La bacteria *Escherichia coli* se define como la bacteria que da una respuesta positiva total como coliforme y que posee la enzima β -glucoronidasa, la cual se une al sustrato fluorogénico dando lugar a la liberación del fluorógeno.

Principio del método:

Bacterias Coliformes Totales: los sustratos cromogénicos, tales como Orto-nitrofenil- β -D-galactopiranosida (ONPG) o el clorofenol rojo- β -D-galactopiranosida (CRPG) o el Isopropil- β -D-tiogalactopiranoside (IPTG), son usados para detectar la enzima β -D-galactosidasa que es producida por las bacterias coliformes totales. La enzima β -D-galactosidasa hidroliza

el sustrato y produce un cambio de color, el cual indica una prueba positiva para coliformes totales a las 24 horas (ONPG e IPTG) o a las 28 horas (CPRG) sin tener que realizar procedimientos adicionales.

Un sustrato fluorogénico, tal como el 4-metil-umbeliferil- β -D-glucoronida (MUG), es usado para detectar la enzima β -glucoronidasa, que es producida por la *Escherichia coli*.

La enzima β -glucoronidasa, hidroliza el sustrato y produce un producto fluorescente cuando se observa bajo luz ultravioleta a una longitud de onda de 366 nm. La presencia de fluorescencia indica prueba positiva para *Escherichia coli*.

Procedimiento de coliformes totales y coliformes fecales

- a) Agitar las muestras de agua vigorosamente por inversión unas 25 veces antes de ser analizadas, para asegurar una buena homogenización.
- b) De ser necesario, realizar diluciones de la muestra, tomando 10 mL de muestra en 90 mL de agua peptonada.
- c) Armar el equipo de filtración por membrana (ver Figura N° 26,27,28)
- d) Verter 100 mL de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar, encender la bomba de vacío. Lavar el embudo con aproximadamente 100 mL de agua peptonada al 0,1%.
- e) Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo correspondiente al microorganismo que se va a identificar: Coliformes en agar ENDO.

- f) Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo. Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.
- g) Incubar las placas en forma invertida, a las diferentes temperaturas y tiempos, de acuerdo al microorganismo investigado: Coliformes Incubación $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 a 48 horas (en estufa).
- h) Determinar el número de colonias (Colonias rojo-brillo metálico)
- i) Preparar series de cinco a diez tubos de ensayo con caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (BVB) esterilizados previamente a los cuales se les ha introducido campanas de Durham.
- j) De las colonias rojas con brillo metálico del recuento en placa en Agar ENDO (literal h), tomar al menos cinco colonias identificadas con un asa estéril.
- k) Inocular cada colonia tomada con asa las series de cinco a diez tubos de ensayo con caldo Lactosa Bilis Verde Brillante (BVB) preparados en i)
- l) Incubar los tubos con caldo BVB a una temperatura de Incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por 48 horas (baño maría o estufa).
- m) Se consideran tubos positivos aquellos con crecimiento (solución turbia) y presencia de gas en las campanas de Durham, indicando presencia de coliformes totales.
- n) Estimar el Numero Más Probable de coliformes Totales NMP en tabla N° 32 al utilizar 5 tubos de 20mL de muestra y tabla N° 33 al utilizar 10 tubos con 10 mL de muestra.
- o) De los tubos positivos hacer resiembra a Caldo EC, que contiendo campana de Durham, e incubar a 44.5°C (baño maría o estufa) durante 24 a 48 horas, observar los tubos con turbidez y presencia de gas en la campana de Durham, indica prueba positiva para coliformes fecales.

- p) Estimar el Numero Más Probable de coliformes Totales NMP en tabla N° 32 al utilizar 5 tubos de 20mL de muestra y tabla N° 33 al utilizar 10 tubos con 10 mL de muestra.

C. Determinación *Escherichia coli* (18) (ver figura N° 29)

- a) De cada tubo con caldo EC identificado con turbidez y con producción de gas, tomar 3 azadas e inocular con un asa estéril por el método de estría cruzada en una placa conteniendo agar Eosina y Azul de Metileno (EMB) esterilizado previamente.
- b) Incubar la placa con agar EMB de forma invertida a una temperatura de Incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas.
- c) La presencia de crecimiento de colonias con brillo verde metálico, confirma la presencia de *Escherichia coli*.
- d) Estimar el Numero Más Probable de coliformes Totales NMP en tabla N° 32 al utilizar 5 tubos de 20mL de muestra y tabla N° 33 al utilizar 10 tubos con 10 mL de muestra.

D. Determinación de *Pseudomona aeruginosa* (18)

Fundamento:

Se siembra por el método de estriado, el contenido de los tubos con prueba positiva para coliformes totales en placas de petri conteniendo Agar Cetrimide o se coloca la membrana de la prueba de filtración por membrana a una placa conteniendo Agar Cetrimide y se incuba a 35°C durante 24 horas.

El desarrollo de colonias verde amarillentas y fluorescentes a la luz UV, indica la presencia de *Pseudomona aeruginosa*.

Procedimiento (ver figura N° 30):

- a. Armar el equipo de filtración por membrana

- b. Verter 100 mL de la muestra de agua, en el portafiltro y proceder a filtrar, encender la bomba de vacío. Lavar el embudo con aproximadamente 100 mL de agua peptonada al 0,1%.
- c. Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo correspondiente al microorganismo que se va a identificar: *Pseudomona aeruginosa* en agar Cetrimide.
- d. Al colocar la membrana, evitar la formación de burbujas entre ésta y el medio de cultivo.
- e. Esperar aproximadamente 20 minutos, para permitir la adhesión de la membrana al medio.
- f. Incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 a 48 horas.
- g. Determinar el crecimiento de colonias con pigmento verde azulado que confirma la presencia de *Pseudomona aeruginosa*.

4.7 Procedimientos para la determinación de Parámetros Físicoquímicos

A. Determinación pH por método potenciométrico. ⁽⁵⁾

Fundamento:

Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H^+ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio.

Procedimiento (ver figura N° 31)

- a) Remover el electrodo de la solución de almacenamiento, lavar con agua destilada y retirar el exceso de agua con un paño suave.
- b) Calibrar el equipo con solución de referencia certificada buffer pH 4, 7 y 10 a una temperatura de 25°C teniendo el cuidado de lavar y retirar

el exceso de agua del electrodo después de la medición de cada buffer.

- c) En un beacker de 25 mL plástico, colocar el electrodo con 10 a 25 mL de muestra.
- d) Introducir el electrodo en la solución medida.
- e) Proceder a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en el pHmetro.
- f) Lavar el electrodo con agua destilada y retirar el exceso de agua con un paño suave.

B. Conductividad Eléctrica por método: potenciométrico ⁽⁵⁾

Fundamento:

Es una expresión numérica de la capacidad de una muestra de agua para conducir la corriente eléctrica. Este número depende de la concentración de sustancias ionizadas disueltas en el agua y a la temperatura que se realiza la medición: El valor recomendado según norma salvadoreña es de 500 $\mu\text{mho/cm}$. y un valor máximo admisible de 1600 $\mu\text{mho/cm}$. ambas medidas a 25°C.

Procedimiento (ver figura N° 32):

- a) Verificar que el equipo cuente con el voltaje regulado, necesario para hacer la lectura.
- b) Calibrar el equipo según las instrucciones del fabricante, a cero con aire y con solución estándar de conductividad de 1413 $\mu\text{S/cm}$, a una temperatura de 25°C teniendo el cuidado de lavar y retirar el exceso de agua del electrodo después de la medición del estándar.
- c) En un beacker de 25 mL plástico, colocar 10 a 25 mL de muestra.
- d) Introducir el electrodo en la solución medida.

- e) Proceder a leer el valor de conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ o $\mu\text{mhos}/\text{cm}$ cuando la lectura se estabilice en el Potenciómetro.
- f) Lavar el electrodo con agua destilada y retirar el exceso de agua con un paño suave.
- g) Anotar la lectura realizada.

C. Sólidos Disueltos Totales por método potenciométrico ⁽⁵⁾

Fundamento:

El total de sólidos en disolución está constituido fundamentalmente por sus sustancias inorgánicas, las principales son el calcio, el magnesio, el sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos.

Procedimiento (ver figura N° 32):

- a) Verificar que el equipo cuente con el voltaje regulado, necesario para hacer la lectura.
- b) Calibrar el equipo según las instrucciones del fabricante, a cero con aire y con solución estándar de conductividad de $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$ equivalente a 744.7 ppm de KCl, a una temperatura de 25°C teniendo el cuidado de lavar y retirar el exceso de agua del electrodo después de la medición del estándar.
- c) Seleccionar el análisis de sólidos disueltos con el control "MODE" del equipo, aparece lectura STD en mg/L .
- d) En un beaker de 25 mL plástico, colocar 10 a 25 mL de muestra.
- e) Introducir el electrodo en la solución medida.
- f) Proceder a leer el valor de sólidos disueltos en mg/L cuando la lectura se estabilice en el Potenciómetro.
- g) Lavar el electrodo con agua destilada y retirar el exceso de agua con un paño suave.
- h) Anotar la lectura realizada.

D. Turbidez por método fotométrico ⁽⁵⁾**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.

Procedimiento (ver figura N° 33)

- a) Agitar la muestra 5 veces para homogenizar.
- b) Agregar agua bidestilada en la celda hasta la marca de medida de 15 mL y agitar.
- c) Colocar la celda en el turbidímetro, para luego leer la turbidez del agua bidestilada a cero.
- d) Calibrar a cero de turbidez con agua bidestilada
- e) Agregar la muestra en la celda hasta la marca de medida de 15 mL y agitar.
- f) Colocar la celda en el turbidímetro, para luego leer la turbidez de la muestra.
- g) Anotar la lectura en unidades nefelométricas (UNT o NTU).

E. Determinación de Dureza total por método volumétrico ⁽⁵⁾**Fundamento:**

El Calcio se valora con EDTA en medio fuertemente alcalino, en estas condiciones el Magnesio presente precipita como $Mg(OH)_2$ y no interfiere en la valoración del Calcio. El Indicador que se utiliza en esta valoración es Nereida o Purpurado de Amonio (sal amónica de la purpurina) que forma con el Calcio en medio alcalino un color rosado y al final de la valoración cambia a color morado.

Procedimiento (ver figura N° 34)

- a. Llenar la bureta de 50.0 mL, con solución de EDTA 0.01 M, realice varias recirculaciones y verifique que la punta quede sin burbujas.
- b. Titulación de muestras: Seleccione un volumen de muestra que requiera menos de 15 mL de reactivo EDTA y realice la titulación en cinco minutos, medidos a partir del momento de la adición del tampón.
- c. Mida una alícuota conveniente de muestra de acuerdo con el contenido aproximado de dureza, así:
 - 100 o 200 mL para muestras con contenidos menores a 5 mg/L.
 - 50 mL para muestras con contenidos entre 5 y 10 mg/L.
 - 25 mL para muestras con contenidos entre 10 y 500 mg/L.
 - 10 o 5 mL para muestras con contenidos superiores a 500 mg/L,

Nota:

Diluya las muestras cuyo volumen se transfiera según c. o d., este volumen se lleva alrededor de 50 mL con agua ultrapura en un Erlenmeyer de 125 mL.

- d. Adicione entre uno y dos mililitros de solución tampón. Por lo general, 1ml será suficiente para dar un pH de 10.0 a 10.1.

Nota:

La ausencia de un cambio de color de punto final neto en la titulación suele significar la necesidad de añadir un inhibidor en este punto, o que el indicador se ha deteriorado.

- e. Adicione una gota de solución indicadora o una cantidad adecuada del reactivo en polvo seco (0.1 a 0.2 g).
- f. Poco a poco, adicione titulante EDTA estándar, agitando continuamente, hasta que desaparezcan los últimos matices rojizos.

- g. Adicione las últimas gotas con intervalos de 3 - 5 segundos, en el punto final, la solución suele ser azul.

Nota:

Se recomienda utilizar luz natural o una lámpara fluorescente de luz día, ya que las lámparas de incandescencia tiende a producir un matiz rojizo en el azul de punto final.

- h. Cuando se tome un volumen igual o mayor a 100 mL adicionar cantidades proporcionales de tampón, inhibidor e indicador.
- i. Adicione lentamente titulante EDTA por medio de la bureta y realice un blanco, utilizando agua ultrapura del mismo volumen que la muestra, a la que se le adicionan idénticas cantidades de tampón, inhibidor e indicador.
- j. Registrar el volumen gastado para la titulación que aparece en el menisco de la bureta en el formato de volumetría, diligenciando todos los datos para cada muestra. Registre el resultado con al menos dos cifras significativas.
- k. Realice al menos dos valoraciones similares y reporte el volumen promedio para el cálculo de la dureza total.
- l. El cálculo de la dureza total se realiza por medio de la fórmula:

$$\text{Dureza Total (mg CaCO}_3\text{/L)} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{MUESTRA}}} \times 100091$$

Dónde:

V_{EDTA} = Volumen de titulante (EDTA) para valorar dureza, mL.

M_{EDTA} = Concentración de EDTA, mol/L.

V_{MUESTRA} = Alícuota de muestra titulada, mL.

$$100091 = \text{Peso atómico del carbonato de calcio (100,091 g/mol)} \times 1000 \text{ mg/g.}$$

F. Determinación de sulfatos por método fotométrico ⁽⁵⁾

Fundamento:

El ion sulfato (SO_4^{2-}) precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario (BaCl_2) de modo que forma cristales de sulfato de bario (BaSO_4) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de BaSO_4 con un fotómetro y se determina la concentración de SO_4^{2-} por comparación de la lectura con una curva patrón.

Procedimiento (ver figura N° 35):

- a) Medir 25.0 mL de la muestra y llevarla a 100 mL en un Erlenmeyer de 250 mL
- b) Añadir 20 mL de solución tampón y mezclar con agitador magnético
- c) Añadir una cucharada de cristales de cloruro de bario (BaCl_2) empezando el recuento de tiempo inmediatamente. Agitar durante 60 segundos a velocidad constante.
- d) Realizar una curva de calibración de 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm de SO_4^{2-} y tratarla de la misma manera que la muestra.
- e) Agregar la solución en la celda del espectrofotómetro
- f) Realizar la lectura de la absorbancia de los estándares y las muestras a una longitud de onda de 420 nm.
- g) Anotar las lecturas.
- h) Realizar los cálculos para determinar la concentración de sulfatos presentes en la muestra.

G. Determinación de Plomo por método de Ion selectivo ⁽⁵⁾

Fundamento:

Los electrodos de Ion Selectivo son dispositivos de medición los cuales detectan diferentes especies de Iones en soluciones.

Los electrodos de ion selectivo están compuestos de una membrana censora incorporada a un cuerpo rígido.

Las mediciones con un Electrodo de Ion selectivo (ISE) se pueden usar para medir concentraciones en agua, alimentos, muestras farmacéuticas y biológicas. En todo el mundo se han desarrollado y publicado muchos métodos analíticos usando Istes. La gran variedad de métodos analíticos que están disponibles son la ventaja principal de la tecnología del electrodo de ion selectivo. Los electrodos de ion selectivo se pueden usar como indicadores del punto final o para realizar mediciones directas y técnicas incrementales.

Procedimiento (ver figura N° 36):

- a) Se colocó el medidor en mV y se calibró el electrodo como se describe en el procedimiento de calibración directa de pequeño volumen con un medidor de modo mV.
- b) Pipetear 15.0 mL de muestra de agua potable, 15.0 mL de metanol-formaldehído solución y 1.0 mL de ISE a un vaso de precipitados limpio 50 mL y agitar la solución para mezclar.
- c) Enjuagar el electrodo con agua destilada, secarlo y colocarlo en el vaso. Cuando la lectura se mantenga estable en la pantalla, registrar el valor en mV.
- d) Usando la curva de calibración preparada con los estándares, determinar la concentración desconocida de la muestra.
- e) Retirar los electrodos de la solución muestra, lavarlos con agua destilada y secarlos con un paño suave tratando de no producir fricción, cada vez que se realice una lectura.
- f) Anotar las lecturas obtenidas de cada una de las muestras.

CAPITULO V
RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

5.0 RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

La investigación se orientó en tres aspectos:

- Obtención de información por medio del levantamiento de encuestas a derecho habientes de la comunidad.
- Uso de la guía de inspección higiénico-sanitaria recomendada por la Organización Mundial de la Salud en la zona en la cual se sitúa el pozo de abastecimiento del sistema de distribución.
- La caracterización de parámetros Fisicoquímicos y Microbiológicos en muestras puntuales en la zona.

Lo cual fue realizado en el sistema de abastecimiento de agua de La Hacienda La Estancia, Municipio de Moncagua, departamento de San Miguel, A continuación, se presentan los aspectos desarrollados en la investigación.

5.1 Levantamiento de encuesta, ver anexo N° 2.

Se utilizó la encuesta como instrumento para conocer respuestas de los habitantes en la comunidad, con preguntas orientadas en aspectos sociales, ambientales y de salud.

A. Aspecto Social: Pregunta N° 1 Género

Cuadro N° 3. Género de las personas encuestadas

SEXO	CANTIDAD	PORCENTAJE %
Masculino	120	54
Femenino	102	46
TOTAL	222	100

Para determinar los resultados se calculó el porcentaje según las respuestas hechas de la siguiente forma:

Por ejemplo en el cálculo del porcentaje de género masculino las respuestas fueron 120 de un total de 222 encuestas realizadas, así que el resultado viene dado de la siguiente relación:

$$\% = \frac{(100\%)(120)}{222} = 46\%$$

Pregunta 2- Cuantas personas viven en su hogar?

Cuadro N° 4. Cantidad de personas que integran Los grupos familiares de las personas encuestadas.

Personas	Hogares	Número posible de personas que habitan en la zona
1 a 3	37	74
4 a 6	127	635
7 a 9	58	464
Total		1,173

Los hogares de la comunidad están constituidos de 1 a 9 personas en un total de 222 hogares encuestados de los 250 derechos activos, por lo que el servicio de distribución estaría llevando agua a más de 1173 personas (tomando como referencia el valor medio del rango evaluado).

a) ¿Cuántas personas trabajan en el hogar?

Cuadro N° 5. Número de personas que trabajan

Personas	Hogares	Número de personas activas
1 a 2	105	105
3 a 5	97	388
6 a 8	20	140
TOTAL	222	633

En el total de hogares, se estima que 633 personas son activas económicamente, representando la parte productiva de la comunidad, en términos de comparación con la cantidad de 1173 habitantes en la Hacienda La Estancia en el Municipio de Moncagua, representando que más de la mitad de las personas de la comunidad son productivos.

b) ¿Cuántas personas estudian?

Cuadro N° 6. Respuestas sobre el número de personas con algún tipo de estudio de cada hogar encuestado.

Número de Personas Por hogar	Hogares	Cantidad de personas que estudian
1 a 2	132	132
3 a 5	90	360
Total	222	492

Del total de hogares, 492 personas tienen escolaridad, o están estudiando en ese momento, esto implica que menos de la mitad de la población tiene preparación escolar.

c) ¿Hace cuánto tiempo vive en el sector?

Cuadro N° 7. Determinación de la cantidad de años de residencia en el sector

Años	Número de personas	Porcentaje %
1 a 10	43	19
11 a 20	129	58
21 a 30	11	5
31 a 40	17	8
41 a 50	13	6
51 a 60	6	3
61 a 70	3	1
Total	222	100

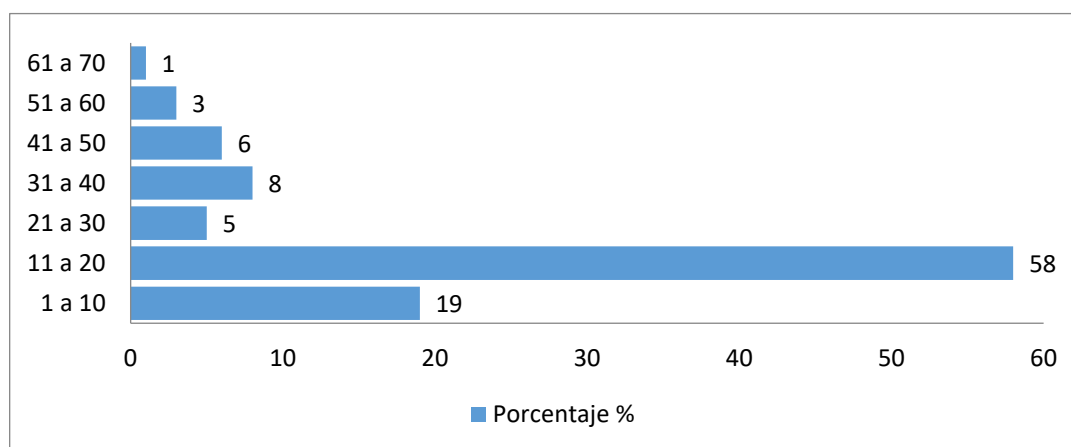


Figura N° 2. Gráfico de la cantidad de años de residencia en el sector en estudio

Del total de hogares, la mayoría de personas en un 58% tienen de 11 a 20 años de residir en la Hacienda La Estancia, un porcentaje del 4 % tiene más de 50 años de residir en la zona.

B. Aspectos ambientales.

Pregunta 3- ¿En qué recolecta el agua de consumo diario en su hogar?

Cuadro N° 8. Formas de recolección del agua distribuida en los hogares encuestados

Recolección	Cantidad	Porcentaje %
Cántaro y Pila	156	70
Cántaro, pila y botella	12	5
Pila y botella	32	15
Pila, botella, cántaro y barril	7	3
Pila, botella ,barril y otros	6	3
Pila, botella y barril	2	1
Botella y barril	2	1
Pila y barril	5	2

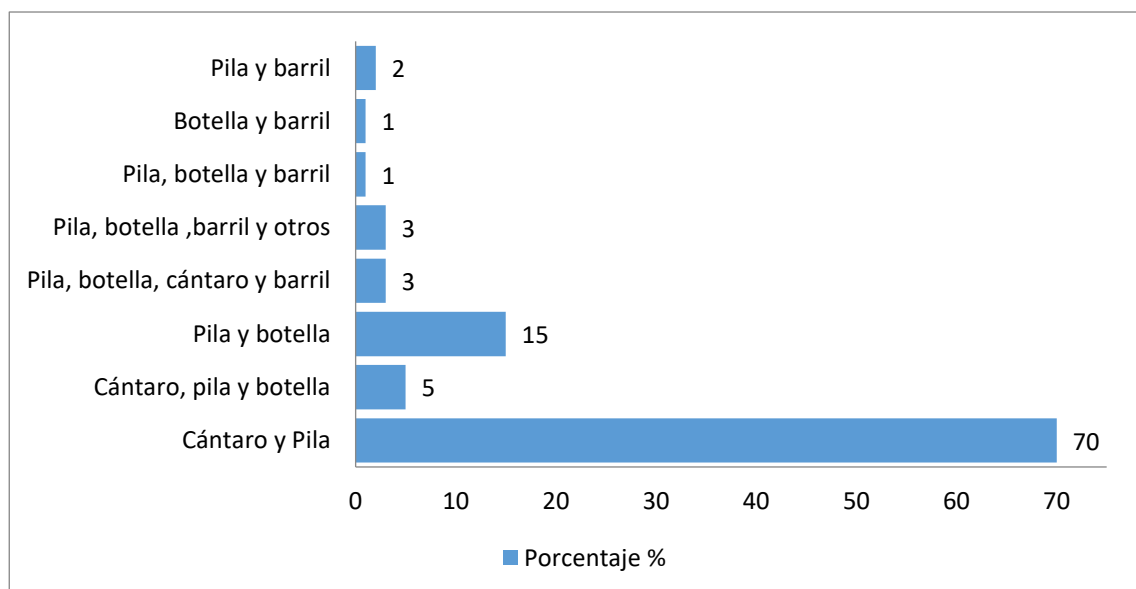


Figura N° 3. Gráfico de la forma de recolección del agua distribuida de consumo diario en los hogares encuestados.

La mayoría de los encuestados en un 70% respondieron que recogen el agua distribuida en cantaros y pila.

Pregunta 4- ¿Qué tratamiento le da al agua recolectada en su hogar?

Cuadro N° 9. Tipo de tratamiento que recibe el agua recolectada en los hogares sujetos al servicio de distribución.

tratamiento	cantidad de hogares	porcentaje %
Hierve el agua	3	1
Filtra el agua	2	1
Purifica con cloro	14	6
No da tratamiento	202	91
Otros (compra agua)	1	1

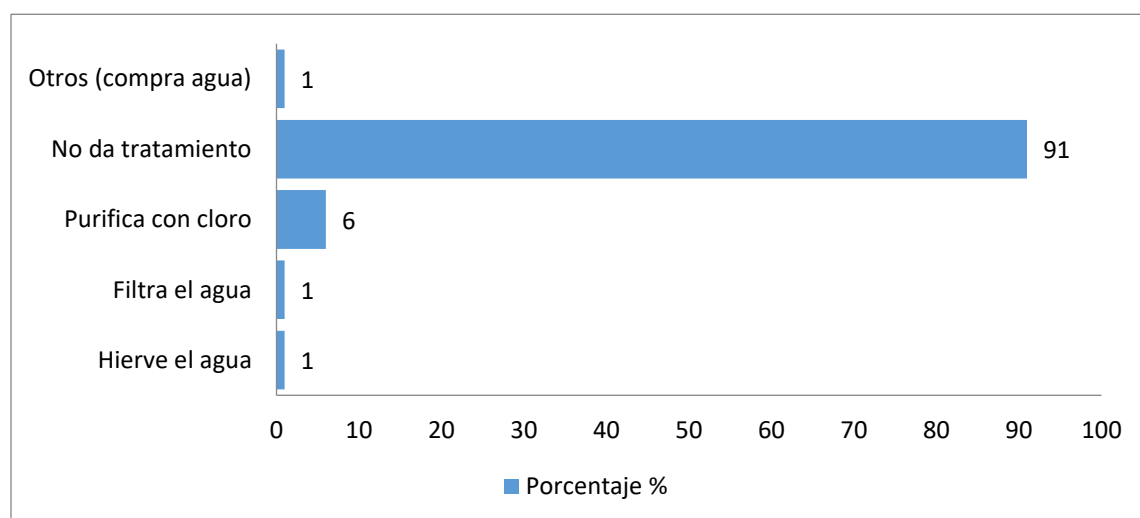


Figura N° 4. Gráfico del tipo de tratamiento que recibe el agua recolectada en los hogares encuestados.

Del total de hogares encuestados la mayoría en un 91% utiliza el agua sin realizar ningún tipo de tratamiento, solo un 6% de los encuestados respondieron que el agua recibe un tratamiento con cloro o legía para sus usos diarios.

Pregunta 5- ¿Qué tipo de actividades considera usted se deben realizar para conservar el agua en el sector?

Cuadro N° 10. Tipos de actividades que se deben realizar en la zona en estudio para fomentar la conservación del agua.

Actividad	Cantidad	Porcentaje %
Protección de quebradas	10	5
Educación sobre el uso racional y ahorro de agua	195	88
Tratamiento de agua residual	5	2
Utilización de agua lluvia	3	1
No sabe	6	3
Otros (reforestación, Medidores)	3	1

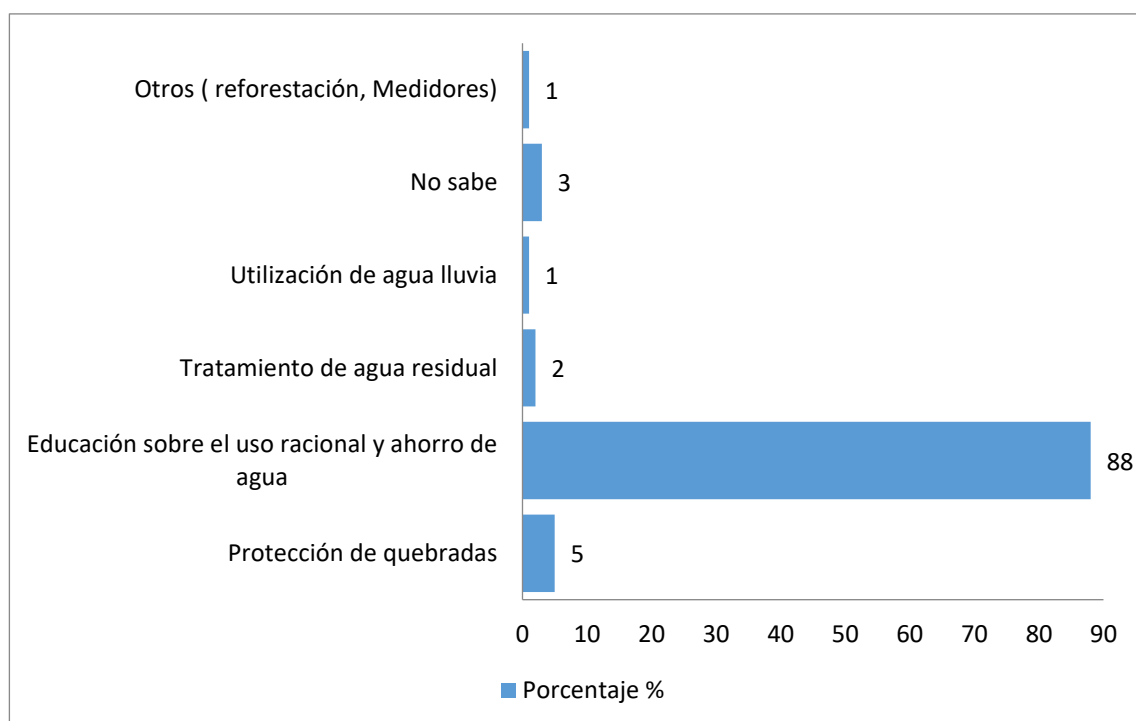


Figura N° 5. Gráfico de las actividades que considera la población encuestada se deben realizar para conservar el agua de la zona.

Del total de hogares, la mayoría de personas en un 88% que la población debería recibir educación sobre el uso racional y ahorro del agua, en la Hacienda La Estancia.

Pregunta 6- ¿Usted ha colaborado en alguna oportunidad en desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y cuidados del agua en el sector?

Cuadro N° 11. Cantidad de personas que han colaborado en el desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y cuidados del agua en el sector

Opción	Cantidad de personas	Porcentaje %
Si	58	26
No	164	74

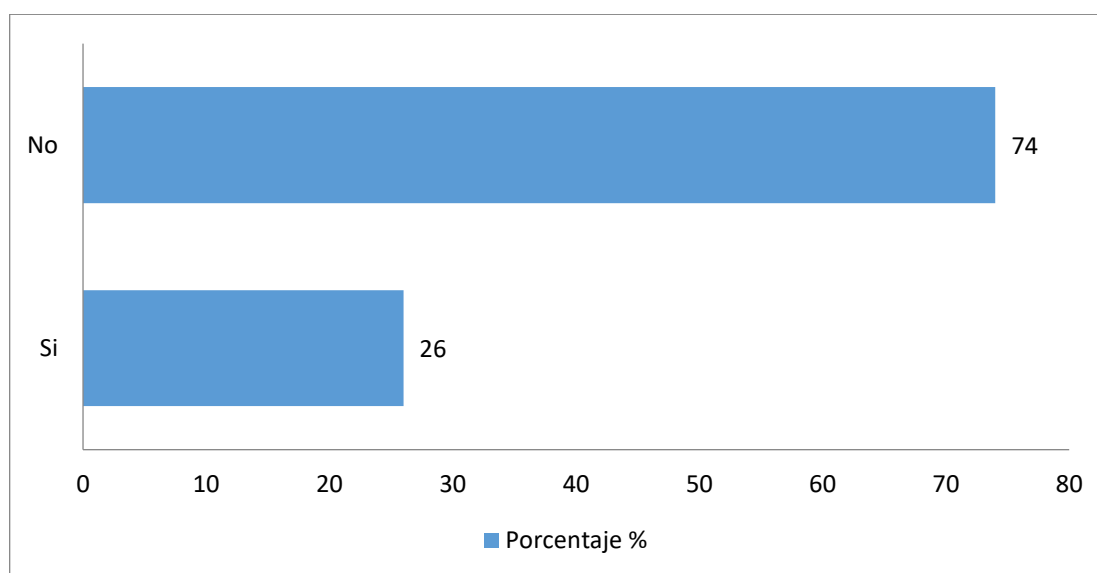


Figura N°6. Gráfico representando la cantidad de personas que han participado en desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y cuidados del agua en el sector.

Del total de personas encuestadas, solo un 26% ha participado en el desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento y en el cuidado del agua en la zona bajo estudio.

Pregunta 7- ¿Ha recibido algún tipo de capacitación con respecto a los siguientes temas?

Cuadro N° 12. Cantidad de personas que han recibido algún tipo de capacitación relacionada al cuidado del agua.

Temas	Cantidad de personas	Porcentaje %
Calidad del agua	5	2
Tratamiento de agua	22	10
Manejo de aguas servidas	0	0
Higiene doméstica	5	2
Higiene personal	1	1
Ninguna	189	85

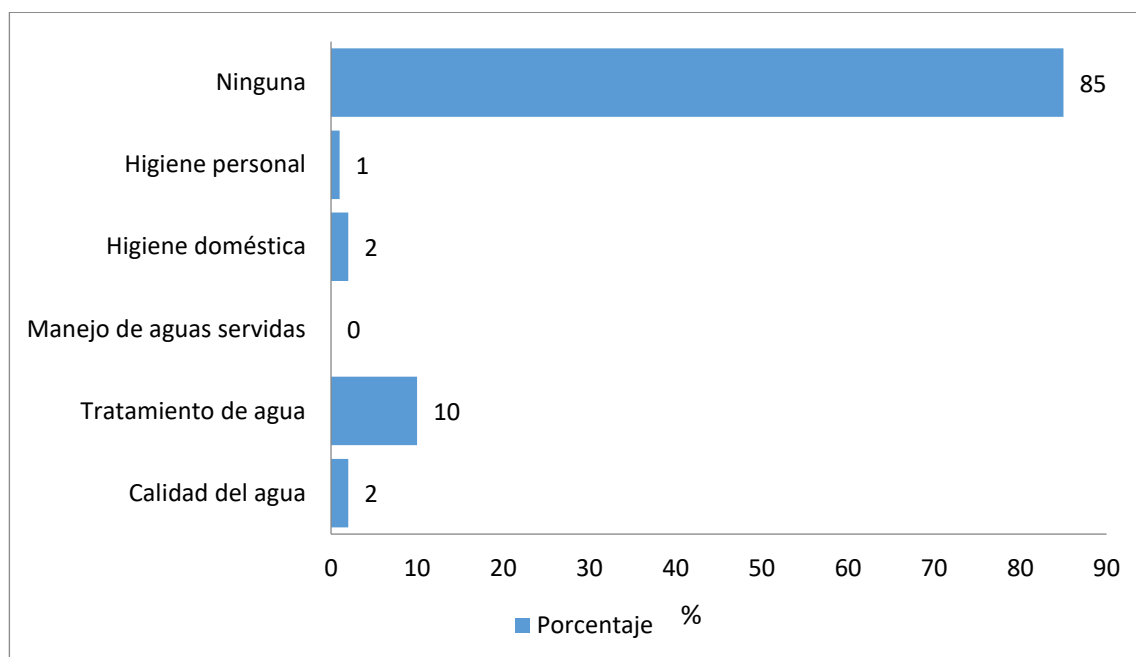


Figura N° 7. Grafica representando la cantidad de personas que han recibido algún tipo de capacitación relacionada al cuidado del agua.

Del total de personas encuestadas, solo un 15% ha recibido alguna capacitación relacionada con el cuidado del agua o aspectos de higiene en la zona bajo estudio.

Pregunta 8- Conoce Usted de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento que este o se haya desarrollado en el sector.

Cuadro N° 13. Cantidad de personas que tienen conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.

Respuesta	Cantidad	Porcentaje %
Si	189	85
No	33	15

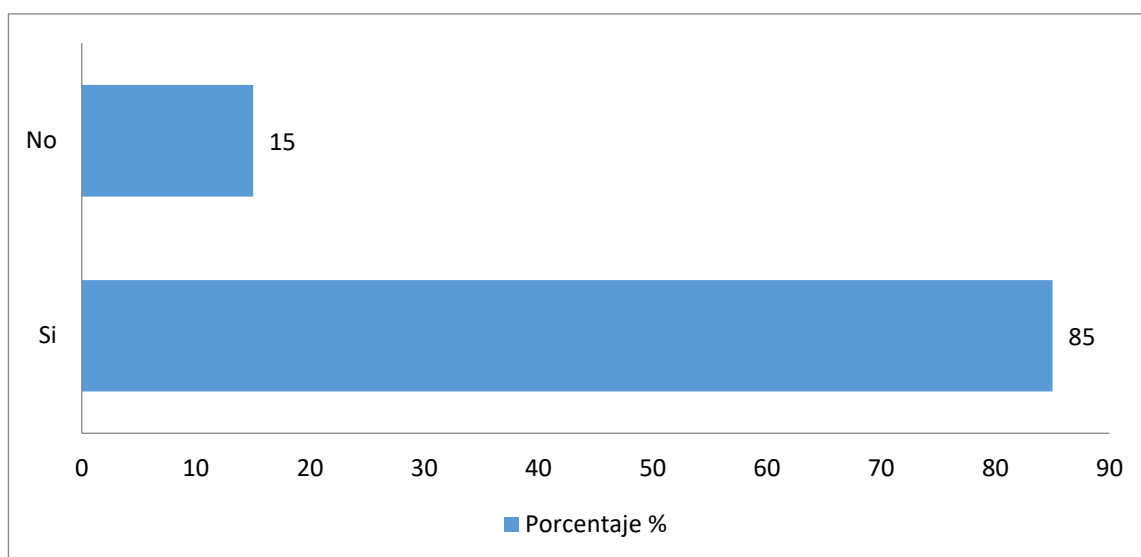


Figura N° 8. Grafica representando la cantidad de personas que tienen conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.

Del total de personas encuestadas, solo un 85% tiene conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector y de igual manera se preguntó la entidad que desarrollo alguno de esos planes.

¿Quién lo desarrollo?

Cuadro N° 14. Cantidad de personas que conocen cual entidad ha desarrollado algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.

Asociación	Cantidad	Porcentaje %
Alcaldía Municipal	0	0
Ministerio de Salud	0	0
Junta Directiva	189	85
Otros	0	0
No sabe	33	15

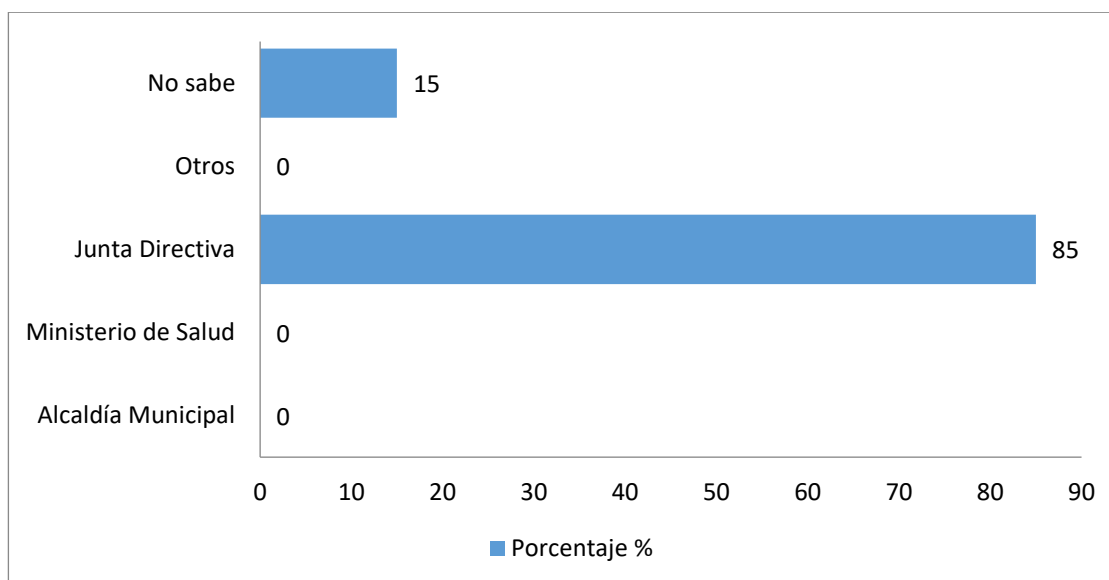


Figura N° 9. Grafica representando la cantidad de personas que tienen conocimiento de la entidad que ha desarrollado algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento desarrollado en el sector.

Del total de personas encuestadas, un 85% sabe que los planes, programas o proyectos de agua y saneamiento desarrollados en el sector han sido realizados por la junta directiva que administra el servicio de distribución de agua en la zona en estudio.

Pregunta 9- Según su criterio, de quién es la responsabilidad de proteger el agua?

Cuadro N° 15. Cantidad de personas que respondieron sobre quién recae la responsabilidad de proteger el agua en la zona.

Pregunta	Cantidad	Porcentaje %
Alcaldía Municipal	2	1
Junta Directiva	8	4
Comunidad	32	14
Ministerio de Salud	121	55
Todos los anteriores	57	26
No sabe	0	0

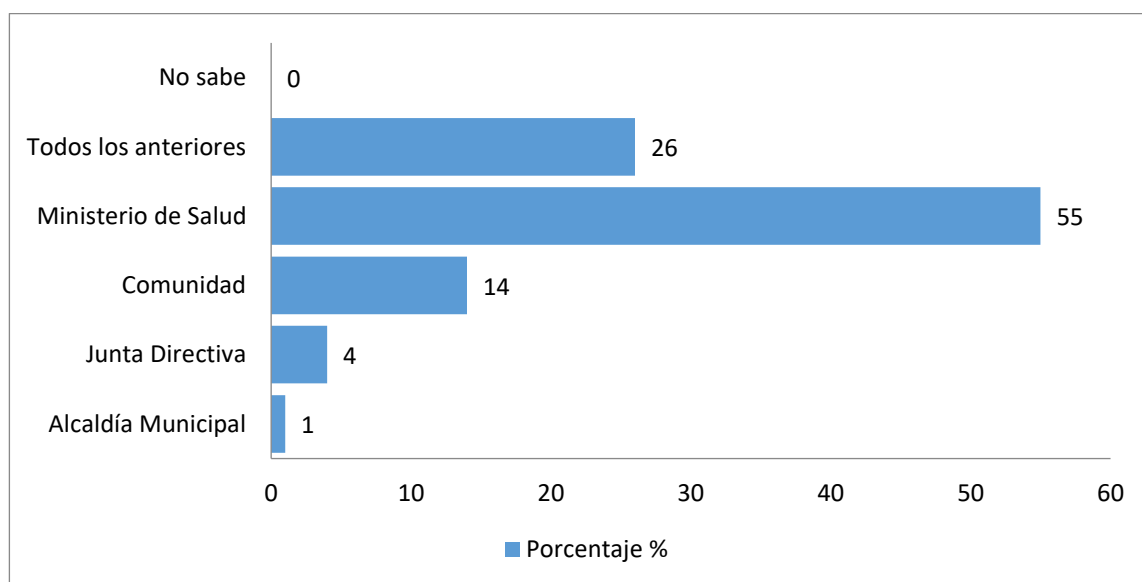


Figura N° 10. Grafica representando la cantidad de personas que respondieron sobre quién recae la responsabilidad de proteger el agua en la zona.

Del total de personas encuestadas, un 55% que respondieron que la responsabilidad de proteger los mantos acuíferos de la zona recae sobre el Ministerio de Salud, un 26% piensa que la responsabilidad de proteger el agua en la zona en estudio es una actividad compartida entre todos los actores, y en un 14% lo debe hacer la junta directiva.

C. Aspectos de salud.

Pregunta 10- ¿Cuál es la enfermedad más frecuente que ha padecido usted o alguien en su familia?

En esta pregunta la población encuestada respondió seleccionando varios ítems, añadiendo también otros padecimientos, por lo que el resumen de ellos se proporciona en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 16. Tipos de padecimientos más frecuente que los encuestados han detectado en sus hogares.

Enfermedad	Cantidad	Porcentaje
Vómito y dolor de estomago	48	21
Diarrea y dolor de estomago	18	8
Cólera y dolor de estomago	117	53
Insuficiencia Renal	13	6
Infección en las vías Urinarias y Cálculos renales	2	1
Fiebre y gripe	13	6
Ninguno	11	5

Del total de encuestas levantadas, un 53% respondieron que los padecimientos más frecuentes están relacionados a la calidad del agua de consumo, siendo estos: cólera y dolor de estómago, siguiéndole a estos vómito con un 21% y diarrea con un 8%.

Pregunta 11- ¿Que hace cuando usted se enferma o alguien en su hogar?

Cuadro N° 17. Respuestas sobre las acciones a tomar en el caso de enfermedades en el hogar

Solución	Cantidad	Porcentaje %
Toma remedio por su cuenta	36	16
Consulta a un medico	10	5
Consulta a un médico y toma remedio por su cuenta	171	78
Consulta a una enfermera	3	1

Un 78 % de los encuestados respondió que pueden consultar al médico y tomar los medicamentos por su cuenta de ser necesario, a lo mismo le siguen en un 16% quienes respondieron que directamente se auto medican.

Pregunta 12- ¿Cuántas veces al mes reciben la visita del promotor de salud?

Cuadro N° 18. Respuestas en cuánto a las visitas al mes que el promotor de salud realiza a los hogares de los encuestados.

Frecuencia	Cantidad de Respuestas	Porcentaje %
Una vez	0	0
Dos veces	0	0
Tres veces	0	0
Cuatro veces	0	0
Casi nunca	0	0
No hay	222	100

Todos manifestaron que no existe la figura del promotor de salud en el área.

Pregunta 13. ¿Cuántas veces al año tiene un chequeo médico?

Cuadro N° 19. Frecuencia de consultas médicas recibidas en el año.

Frecuencia de Chequeo	Cantidad de respuestas	Porcentaje %
Una vez	99	45
Dos veces	73	33
Ninguno	52	22

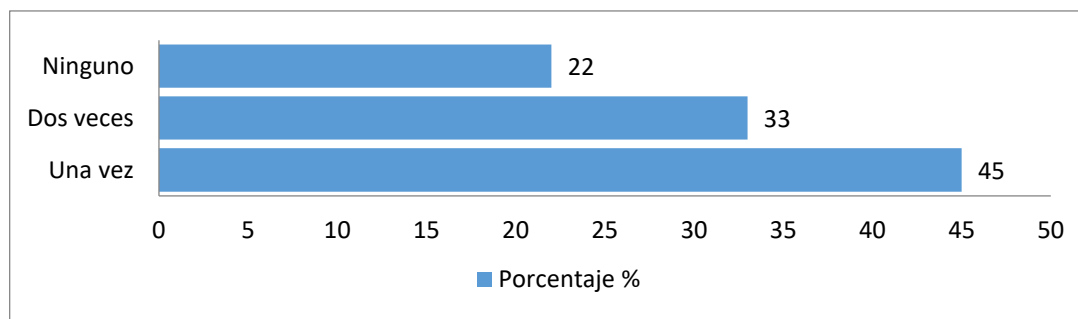


Figura N° 11. Grafica representando la cantidad de consultas médicas recibidas por personas que respondieron la encuesta.

Del total de personas encuestadas, un 45% de los encuestados respondieron que asisten al médico una vez al año, así mismo, un 33 % respondió que asiste dos veces al año, por lo tanto la mayoría de los encuestados tiene presente las visitas con el medico en el caso de presentarse eventos mórbidos en la zona en estudio.

¿En qué lugar recibe su chequeo médico?

Cuadro N° 20 Respuestas sobre el lugar de recepción del servicio medico

Lugar para consultas medicas	Cantidad	Porcentaje %
Centro médico de Oriente en San Miguel	10	5
Unidad de Salud de Moncagua	43	19
Hospital Nacional San Juan de Dios San Miguel	112	50
ISSS	7	3
No contesto	50	23

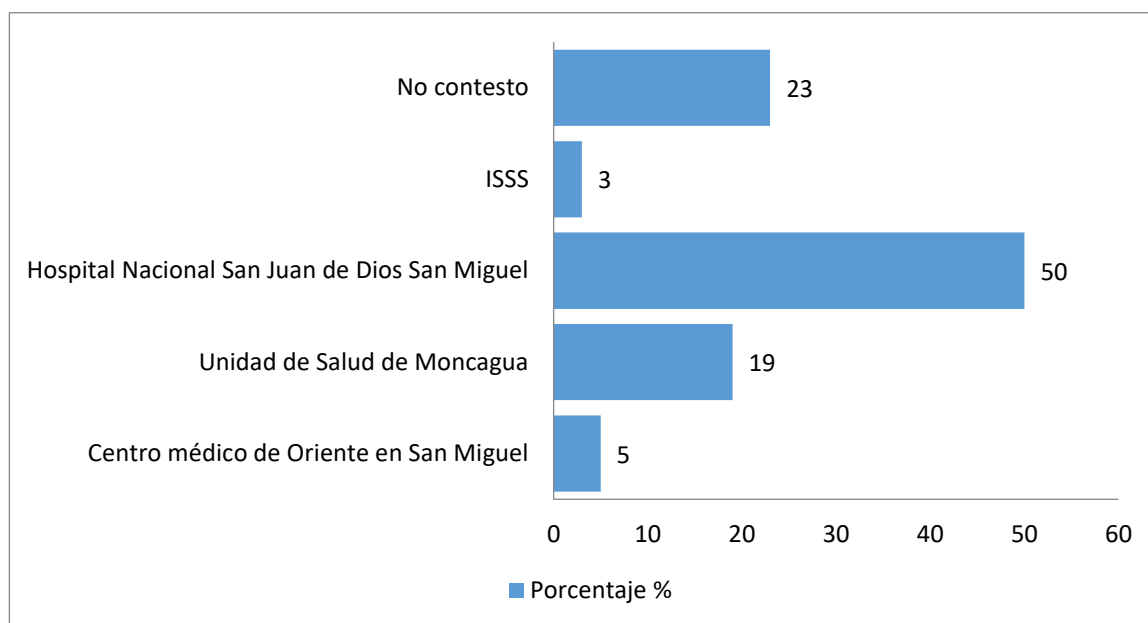


Figura N°12. Grafica representando la cantidad de consultas médicas recibidas por personas que respondieron la encuesta.

Del total de personas encuestadas, un 50% de los encuestados respondieron que asisten al Hospital San Juan de Dios a realizar sus consultas médicas, y en un porcentaje de un 19 % a la Unidad de Salud de Moncagua.

Pregunta 14- ¿De qué tipo de letrinas tiene en su hogar?

Cuadro N° 21. Tipo de letrinas más utilizada en los hogares de los encuestados

Tipo de letrina	Cantidad de respuestas	Porcentaje %
Letrina de hoyo seco	210	95
Letrina abonera	0	0
Letrina abonera de secado solar	0	0
Letrina de cierre hidráulico	0	0
Servicio Lavable	10	5

Del total de personas encuestadas, un 95% de los encuestados respondieron que en sus casas utilizan el tipo de letrina de hoyo seco, y solo, un 5 % respondió que en sus casas utilizan servicio lavable o inodoros de cerámica con sistema de captación de residuos en alguna fosa séptica.

Pregunta 15- ¿A qué distancia de su casa se encuentra la letrina?

Cuadro N° 22. Distancia en metros de letrinas a la casa en los hogares de los encuestados.

Distancia	Cantidad de respuestas	Porcentaje %
3 metros	10	4
4 metros	134	61
5 metros	8	4
6 metros	68	31

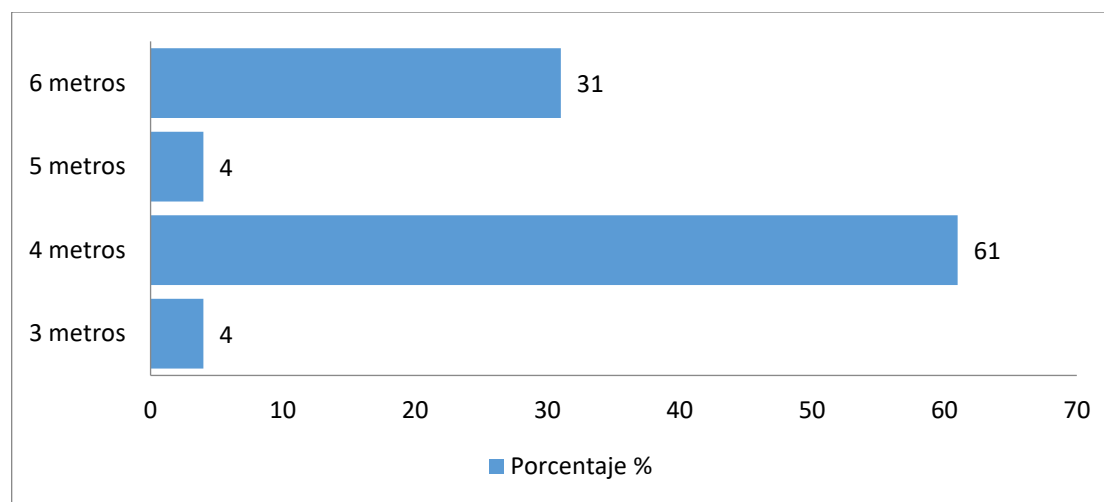


Figura N°13. Grafica representando la distancia en metros que tienen las letrinas con respecto a las viviendas de los encuestados. Del total de personas encuestadas, un 61% respondieron que la distancia entre la letrina y sus casas tiene una distancia de 4 metros, mientras que un 31% respondió que la distancia es de 6 metros.

Pregunta 16- ¿Se lava las manos antes y después de ir a la letrina?

Cuadro N° 23 Se lava las manos antes y después de ir a la letrina

Acción	Cantidad	Porcentaje %
Si	222	100
No	0	0
Cuando me acuerdo	0	0

Todos los encuestados respondieron que tienen la practica higiénica del lavado de manos después de utilizar la letrina.

Pregunta 17- ¿Cómo toma el agua para lavarse las manos?

Cuadro N° 24 Cómo toma el agua para lavarse las manos

Toma de agua	Cantidad de Respuestas	Porcentaje %
Directo de la pila	0	0
Directo del Chorro	0	0
Con algún recipiente	222	100
Otros	0	0

Así mismo, todos los encuestados respondieron que la práctica higiénica del lavado de manos lo realizan tomando el agua con algún recipiente en el sitio de recepción o almacenaje del agua distribuida en la comunidad.

A. Aspecto Social

Los hogares de la comunidad están constituidos de 1 a 9 personas en un total de 222 hogares encuestados de los 250 derechos activos, por lo que el servicio de

distribución estaría llevando agua a más de 1173 personas (tomando como referencia el valor medio del rango evaluado).

Se estima que más de 633 personas son activas económicamente, representando la parte productiva de la comunidad, en términos de comparación con la cantidad de 1173 habitantes en la Hacienda La Estancia en el Municipio de Moncagua, representando que más de la mitad de las personas de la comunidad son productivos.

Además, 492 personas tienen escolaridad, o están estudiando en ese momento, implicando que menos de la mitad de la población encuestada tiene preparación escolar y que el rango de residencia de la mayoría es de 11 a 20 años en la Hacienda La Estancia.

B. Aspectos ambientales.

Los resultados arrojaron que el medio de almacenaje del agua distribuida a cada derecho activo se realiza en cantaros y pilas.

Que la mayoría utiliza el agua sin realizar ningún tipo de tratamiento, siendo un pequeño porcentaje de los encuestados los que aplican algún tratamiento al agua, con cloro o legía para sus usos diarios.

Casi un 90% que la población encuestada piensa que deberían recibir educación sobre el uso racional y ahorro del agua, en la Hacienda La Estancia.

Que solo la cuarta parte de los encuestados han participado en el desarrollo de planes, programas o proyectos de saneamiento en el cuidado del agua y solo una pequeña porción de ellos ha recibido alguna capacitación relacionada con el cuidado del agua o aspectos de higiene en la zona bajo estudio.

La mayoría tiene conocimiento de algún plan, programa o proyecto de agua y saneamiento que se ha desarrollado en el sector siendo la junta directiva que administra el servicio de distribución de agua en la zona en estudio la que los ha llevado a cabo.

La mayoría concuerda que es responsabilidad del Ministerio de Salud el proteger los mantos acuíferos de la zona aunque un buen porcentaje también considera que esto debería ser un trabajo conjunto con la comunidad.

C. Aspectos de salud.

La mayoría de los encuestados respondió que los padecimientos más frecuentes están relacionados a la calidad del agua de consumo, siendo estos: cólera y dolor de estómago, siguiéndole a estos vómito y diarrea.

La mayor parte de los encuestados tienen como practica el consultar al médico ante cualquier padecimiento, esto lo hacen una o dos veces al año y cuando es necesario, pero esto contrasta con la práctica de la auto medicación, lo cual puede causar sino iguales, peores implicaciones a la salud de la población, aunado esto al hecho que en la zona no existe promotor de salud.

El lugar de atención en salud más utilizado es el Hospital San Juan de Dios y la Unidad de Salud de Moncagua.

La mayoría de la población utiliza el tipo de letrina de hoyo seco, lo cual implica una alta carga microbiana a los mantos freáticos producto de la infiltración de agentes patógenos y heces directamente al subsuelo. Que la mayoría ha construido la letrina a un rango de 4 a 6 metros de distancia implicando un foco de contaminación directo por emisiones y vectores hacia el agua y los alimentos que consumen, aunque todos respondieron que tienen la practica higiénica del

lavado de manos después de utilizar la letrina y que lo realizan tomando el agua con algún recipiente en el sitio de recepción o almacenaje sin contaminar el resto.

5.2 Guía de Inspección recomendada por la Organización Mundial de Salud (ver anexo N° 3)

Cuadro N° 25. Resultados de la inspección al pozo de agua del sistema de distribución de la Hacienda La Estancia

PARAMETROS	SI	NO
EXTERNOS		
1- Presencia de basurales cerca y en los alrededores del pozo	X	
2- Presencia de animales	X	
3- Aguas residuales y encharqueamientos	X	
4- La letrina se encuentra cerca del pozo? (1-5m aproximadamente)		X
5- ¿El pozo se localiza cerca de zonas agrícolas?	X	
INTERNOS		
1- Profundidad (más de 25m aproximadamente)	X	
2- ¿Limpia frecuentemente el pozo?		X
3- Reborde de protección (brocal)	X	
4- Revestimiento interno	X	
5- Tapa adecuada	X	
6- Algas en las paredes	NS	
7- Insectos/vectores		X
8- Cañerías de descargas en buenas condiciones	X	
9- El agua presenta partículas o color no característico?		X
NS: No se constató ya que el pozo estaba cerrado		

Se utilizó la guía de inspección higiénica – sanitario especificada por la Organización Mundial de la Salud, en la cual se definen puntos críticos a considerar en la inspección de pozos destinados al agua de consumo humano los resultados de la misma se detallan en el cuadro N° 25.

Es de hacer notar que la mayoría de parámetros externos, estuvieron presentes en la visita realizada (con excepción de la localización de alguna letrina en la

zona). Pero aspectos como presencia de basura, animales aguas de residuo y charcos de las mismas y la localización del pozo en zona agrícola, son aspectos que implícitamente explican el resultado obtenido en los análisis microbiológicos realizados a su agua, los cuales se observan en los cuadros N° 26, 27 y 28.

En el mismo sentido los aspectos internos que la guía contempla como: profundidad, reborde de protección, revestimiento interno, tapa adecuada y cañería en buenas condiciones, son de los aspectos de los cuales se verificó que se cumplen. Pero se tuvo conocimiento que el pozo nunca se ha lavado desde su excavación, lo cual es algo que se debería realizar de forma periódica para tener agua con menos probabilidad de contaminación y se constató la presencia de vectores a pesar de tener una protección extra al estar cubierto con una caseta, además que el agua presento en la toma de muestra partículas y color no distinto a lo normal en un agua de consumo.

5.3 Resultados del Análisis Fisicoquímico y Microbiológico en muestras de agua del sistema de distribución de La Hacienda La Estancia.

Se llevó a cabo el análisis Fisicoquímico y Microbiológico de muestras de agua recolectadas en el Sistema de distribución de la Hacienda La Estancia Municipio de Moncagua Departamento de San Miguel, en cinco muestras seleccionadas así: la fuente (el pozo), el tanque de captación y grifos en las casas de 3 derechos activos uno de ellos la escuela y los últimos dos seleccionados al azar.

Los parámetros Fisicoquímicos que se determinaron fueron: conductividad, dureza total, pH, plomo, sólidos disueltos, sulfatos y turbiedad; y los parámetros Microbiológicos fueron: coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, bacterias heterótrofas, *Pseudomona aeruginosa*.

Cuadro N° 26. COMPARACIÓN DE RESULTADO DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS EVALUADOS EN ÉPOCA SECA (JULIO) Y LLUVIOSA (OCTUBRE) DE 2014.

Parámetros	Unidades	Tanque		Pozo		Derecho Activo 1		Derecho Activo 2		Derecho Activo 3		*L.M.P NSO13.07.01:08	
		E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL		
Conductividad	µmho/cm	277	267	274	259	275	271	270	267	273	266	N.N.	
Dureza total (CaCO ₃)	mg/L	112	72	112	104	100	104	120	104	120	104	500	
pH	---	7.04	6.92	6.91	6.90	7.26	6.99	7.03	6.95	7.04	6.99	6.0 – 8.5	
Plomo	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.01	
Sólidos disueltos	mg/L	145	141	145	136	145	144	142	140	145	140	1000	
Sulfatos	mg/L	12.0	5.0	16.0	5.0	9.0	5.0	10.0	5.0	9.0	4.0	400	
Turbiedad	UNT	0.23	N. D.	0.09	N. D.	0.29	N. D.	0.20	N. D.	0.28	0.07	5	
Derechos Activos		Época de toma de muestra						Abreviaturas sobre la Norma					
Derecho Activo 1 = Casa Sr. Juan Pablo		E. S. = Época Seca						L.M.P = Límite máximo permisible					
Derecho Activo 2 = Escuela		E. LL. = Época Lluviosa						N. D. = No Detectado					
Derecho Activo 3 = Reina de la Paz Gómez								N.N = No Normado					

*NSO 13.07.01:08 "Agua, Agua Potable (segunda actualización)

Cuadro N° 27. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA REALIZADOS EN ÉPOCA SECA (JULIO) Y LLUVIOSA (OCTUBRE) DE 2014

Parámetros	Unidades	Tanque		Pozo		Derecho Activo 1		Derecho Activo 2		Derecho Activo 3		*L.M.P. NSO 13.07.01.08
		E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	E.S	E.LL	
Bacterias coliformes totales	NMP/100 mL	4	>8.0	<2	>8.0	<2	>8.0	23	>8.0	<2	>8.0	<1.1
Bacterias coliformes fecales	NMP/100 mL	<2	2.6	<2	>8.0	<2	2.6	<2	8.0	<2	8.0	<1.1
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	<2	2.6	<2	8.0	<2	1.1	<2	8.0	<2	8.0	<1.1
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	UFC/ mL	150	34	150	140	3,200	60	10,000	190	130	260	100
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Presencia / Ausencia	Pres	Aus	Pres	Aus	Aus	Aus	Pres	Aus	Aus	Aus	Ausencia
Derechos Activos						Época de toma de muestra			Abreviaturas sobre la Norma			
Derecho Activo 1 = Casa Sr. Juan Pablo						E. S. = Época Seca			L.M.P = Límite máximo permisible			
Derecho Activo 2 = Escuela						E. LL. = Época Lluviosa			N. D. = No Detectado			
Derecho Activo 3 = Reina de la Paz Gómez									N.N = No Normado			
									Aus. = Ausencia			
									Pres. = Presencia			

*NSO 13.07.01.08 "Agua, Agua Potable (segunda actualización)

Cuadro N° 28. COMPARACIÓN DE RESULTADO MICROBIOLÓGICOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA REALIZADOS EN AGOSTO de 2017.

Parámetros	Unidades	Tanque	Pozo	Derecho Activo 1	Derecho Activo 2	Derecho Activo 3	*L.M.P. NSO 13.07.01.08
		E.S	E.S	E.S	E.S	E.S.	
Bacterias coliformes totales	NMP/100 mL	>8	>23	2.6	2.6	>8.0	< 1.1
Bacterias coliformes fecales	NMP/100 mL	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	1.1	< 1.1
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	1.1	< 1.1
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófilas	UFC/ mL	79	90	30	40	70	100
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Presencia / Ausencia	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Ausencia
Derechos Activos		Época de toma de muestra			Abreviaturas sobre la Norma		
Derecho Activo 1 = Casa Sr. Juan Pablo	E. S. = Época Seca				L.M.P = Límite máximo permisible N. D. = No Detectado N.N = No Normado Aus. = Ausencia Pres. = Presencia		
Derecho Activo 2 = Escuela							
Derecho Activo 3 = Reina de la Paz Gómez							

*NSO 13.07.01:08 "Agua, Agua Potable (segunda actualización)

Los análisis se llevaron a cabo en época seca (julio) y lluviosa (octubre) de año 2014 para determinar el grado de incidencia de la infiltración pluvial en la calidad del agua de consumo de la zona en estudio.

De igual manera se realizó la actualización de los estudios microbiológicos de las mismas muestras en agosto de 2017, para verificar si existen cambios determinantes en los aspectos deficientes encontrados, los resultados se muestran en los cuadros N° 26 al 28.

Los resultados de los análisis Fisicoquímicos, tanto en época seca y lluviosa, no sobrepasan a los límites máximos admisibles establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01:08. "Agua. Agua potable".

Al comparar los resultados obtenidos de los Parámetros Microbiológicos con los límites que establece la misma norma. Se observa que en época seca estos sobrepasan los límites máximos permisibles en los parámetros de: conteo de coliformes totales en el tanque y el derecho activo 2, recuento bacteriano en todos los puntos de muestreo y la presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el pozo, tanque y derecho activo 2, aumentando los resultados en casi todos los parámetros en época lluviosa con excepción de *Pseudomonas aeruginosa* la cual se encuentra ausente en todas las muestras.

En los análisis microbiológicos realizados en época seca (julio 2014) con los resultados de agosto de 2017 se observan resultados que sobrepasan los límites especificado en la norma obligatoria salvadoreña en un lapso de 3 años, para el recuento de las bacterias coliformes totales.

Los valores obtenidos para bacterias coliformes totales sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la norma NSO 13.07.01:08. “Agua de agua potable”, estas son un grupo de microorganismos que se encuentran comúnmente en el suelo, aguas sobre la superficie y en la vegetación circundante a un recurso acuífero.

Al comparar los resultados de ambas épocas se refleja que en época lluviosa el índice de contaminación aumenta, por la presencia de lluvias que arrastra toda la contaminación agrícola que hay en la zona.

Las bacterias coliformes que la lluvia arrastra por el suelo, usualmente quedan atrapadas en las rocas y a medida que el agua pasa por ellas, estas llegan a los sistemas de agua subterránea por la escorrentía y la infiltración.

Sin embargo, los pozos que no están bien contruidos, que están rajados o que no están bien sellados pueden proveer una puerta para que las bacterias coliformes entren al agua subterránea y contaminen el agua que se usa para beber.

La mayoría de las bacterias coliformes probablemente no causarán una enfermedad. Sin embargo, estas bacterias son usadas como indicadores, porque su presencia señala que organismos que pueden causar enfermedades (patógenos) también pueden estar en el agua de consumo en el sistema de distribución.

Bacterias Coliformes Fecales, los valores obtenidos en este parámetro sobrepasan a los establecidos por la NSO 13.07.01:08. “Agua. Agua potable”.

La presencia de algunos este tipo de bacterias coliformes en el agua señala la presencia de aguas de desecho o excremento en el sistema de distribución a partir de la fuente. Por lo tanto, se asume que los organismos que causan

enfermedades y provienen de los excrementos, se encuentran presentes en el agua distribuida.

Los siguientes son algunos patógenos, u organismos que causan enfermedades, que pueden estar presentes en el agua:

- Bacterias que causan diarrea y vómitos,
- Protozoarios que causan disentería,
- Virus que causan polio y hepatitis, y
- Helmintos, tales como los gusanos redondos (lombrices) y los planos (tenia) que causan diarrea crónica.

Los resultados con la mayor concentración y por lo tanto contaminación microbiana se dan en la época lluviosa y con respecto a los límites permisible establecido por la NSO 13.07.01.08. "Agua, Agua Potable", estos sobrepasan el límite, siendo los puntos del sistema de distribución más contaminado: el tanque, derecho activo 2 (escuela) y derecho activo 3.

Escherichia Coli, es un parámetro indicador de la contaminación del agua por medio de las heces de origen humano. Los resultados presentan similitud a los obtenidos en la determinación de coliformes fecales en cada época, siendo así que en la lluviosa los resultados sobrepasan los límites establecidos en la Norma para la calidad del agua potable en todos los puntos, siendo el tanque, derecho activo 2 (escuela) y derecho activo 3 los sitios con mayor concentración.

Se observa que estos parámetros tienen la misma causa raíz, siendo la infiltración de las aguas lluvias y el arrastre de materia fecal por la escorrentía de la superficie hacia los flujos de aguas subterráneas que abastecen el pozo del sistema de distribución, esto sumado al hecho que el 95% de las viviendas (según

la encuesta) tienen letrinas de hoyo seco y que al agua no se le realiza ningún tratamiento de desinfección con cloro.

La presencia de *Pseudomona aeruginosa*, se verifico en puntos definidos del sistema de distribución en los resultados para época seca, en el pozo, en el derecho activo 1 y 2 (escuela); su presencia está ligada al crecimiento bacteriano producto de pocos controles en la higiene del sistema.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

1. El medio de almacenaje del agua distribuida a cada vivienda en la Hacienda La Estancia se realiza en cantaros y pilas.
2. Las personas en la comunidad no han recibido capacitaciones por ninguna entidad sobre el uso racional del agua.
3. La cuarta parte de la población afectada ha participado en el desarrollo de planes, programas y proyectos de saneamiento en el cuidado del agua.
4. Las enfermedades más frecuentes en la población de la comunidad están relacionados a la calidad del agua, siendo estas: cólera, dolor de estómago, vómito y diarrea.
5. En algunos de los casos los habitantes manifiestan; que acuden al médico o al centro asistencial más cercano otros simplemente se auto medican.
6. El tipo de letrina de mayor uso en la comunidad es de hoyo seco y la distancia letrina - vivienda oscila en un rango de 4 a 6 metros, esto constituye una fuente de alta carga microbiana dirigida a los mantos freáticos y un foco de contaminación directa por emisiones y vectores hacia el agua y los alimentos de cada hogar.
7. De acuerdo a resultados de la inspección al pozo utilizando los lineamientos de la guía higiénico-sanitaria que recomienda la Organización Mundial de la Salud, se determinó que el agua no está apta para consumo humano.

8. Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados tanto en época seca como en la lluviosa determinaron el grado de incidencia de la infiltración pluvial del agua de consumo de la zona en estudio, ya que se observó un aumento en los valores de los parámetros de una época a otra, pero sin sobrepasar los límites máximos admisibles establecidos por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08. "Agua. Agua potable" (segunda actualización).
9. Los resultados de los parámetros microbiológicos evaluados en época seca sobrepasan los límites máximos permisibles de la Norma Salvadoreña Obligatoria 13.07.01:08. "Agua. Agua potable" (segunda actualización). En los parámetros de: conteo de coliformes totales, recuento bacteriano y la presencia de *Pseudomona aeruginosa*, tendencia que se mantiene al contrastar con resultados en agosto de 2017, observando un aumento en todos los parámetros de los resultados en época lluviosa, reflejando que en esta el índice de contaminación aumenta debido a las escorrentías y la infiltración.
10. Los resultados del análisis de bacterias doliformes fecales, sobrepasaron los límites establecidos por la NSO 13.07.01:08. "Agua. Agua potable", lo cual señala la presencia de aguas de desecho o excremento en el sistema de distribución a partir de la fuente, en la época lluviosa estos sobrepasan el límite establecido, lo cual puede aumentar debido a la falta de limpieza del pozo y el tanque del sistema de distribución.
11. Los aspectos microbiológicos evidenciados, se podrían evitar con el proceso de desinfección con cloro, adicionándolo desde el tanque de captación.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES

1. La Junta Directiva de la Hacienda La Estancia Municipio de Moncagua responsables de la administración del sistema de distribución del Agua; debe organizar comités, para incentivar a la población a mantener la limpieza del pozo y el tanque, o contratar el servicio de limpieza con una frecuencia adecuada.
2. La Junta Directiva debe informar a la población sobre la calidad del agua que consumen; capacitar de manera oportuna a la población como tratarla para que sea apta para su consumo.
3. A la junta directiva, el mantener un monitoreo constante de la calidad del agua por medio de la realización de análisis fisicoquímicos y microbiológicos con una frecuencia de una vez cada mes; para los aspectos microbiológico:
4. A La Alcaldía del Municipio de Moncagua, en el Departamento de San Miguel que gestione proyectos para asegurar que el agua distribuida a la comunidad sea segura desde la fuente de abastecimiento.
5. A la Unidad de Salud que asigne promotores que trabajen en conjunto con la comunidad, se informe de primera mano de los padecimientos más frecuentes de la población y se controlen oportunamente.
6. A los habitantes de la Hacienda La Estancia a conocer y practicar el proceso de desinfección con cloro, en cada vivienda.

7. A la junta directiva encargada de la administración del recurso, a levantar controles en la higiene del sistema, el pozo, el tanque y en puntos críticos de la tubería para evitar la contaminación.
8. A la dirección de la Escuela del municipio, para educar a la población estudiantil en cuanto al tratamiento del agua.
9. A la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador que realice de proyección social orientada a la automedicación.

BIBLIOGRAFIA

1. ACEPESA. (2014). El Agua y su Importancia para la Vida Humana. [2014, 10 de marzo].
2. Bellido A. 2004. Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales [internet]. Lima, Perú. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. p. 17-24. [acceso 5 feb. 2011].
3. Diario Oficial (2009, 12 de junio). Acuerdo No. 407.- Norma Salvadoreña Obligatoria: NSO 13.07.01:08 “Agua, Agua Potable. (Segunda actualización)”.
4. International Organization for Standardization (ISO), (2003). Water Quality – Sampling – Part 3: Guidance on the Preservation and Handling of Samples. Geneve: Italia, pp. 31. (ISO 5667-3).
5. International Organization for Standardization (ISO), (2006). Water Quality – Sampling – Part 5 Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems. Geneve: Italia, pp. 10. (ISO 5667-05)
6. Merck Millipore. (2014). Manual de usuario, Spectroquant NOVA 60, Métodos de análisis, USA.
7. Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL). (2013). Manual de toma, manejo y envío de muestras de laboratorio. El Salvador.

8. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1, 3ra Edición, Ginebra, Suiza. [2017, 10 de octubre].
9. Organización Mundial de la Salud (OMS). (1987). Guías para la calidad del agua potable. Criterios relativos a la salud y otra información base. Volumen 2, 1ª edición. Ginebra, Suiza.
10. Organización Mundial de la Salud (OMS). (1998). Guías para la calidad del agua potable. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Volumen 3. Ginebra, Suiza. [En línea].
11. Ramírez L. (2014), El agua una sustancia extraordinaria. (Madrid, España).
12. Renner R. (2010). "Sin Plomo. Cuando el tratamiento de agua causa contaminación por plomo". RCyT.; No. 35, Providencia - Chile.
13. Rice, E., Baird, R., Eaton, A. y Clesceri, L. (2012). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 22nd ed. Washington, DC: American Public Health Assn., pp.9-59 a 9-116.
14. Thermo Scientific, (2008). User Guide Lead Ion Selective Electrode, USA.
15. Velasco, V., Martínez O, V. y Roiz, J. (2003). Muestreo y tamaño de la muestra. Una guía práctica para personal de salud que realiza investigación. El Cid Editor. 1a edición, Torreón, México.

