

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Caracterización de agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador.

Por:

Br. María Eugenia Benavides Serrano

Br. Enrique Alejandro Pineda Zaldaña

Br. Marcelo David Choto Quintanilla

Ciudad Universitaria, junio de 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL**



Caracterización de agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador.

Por:

Br. María Eugenia Benavides Serrano
Br. Enrique Alejandro Pineda Zaldaña
Br. Marcelo David Choto Quintanilla

Requisito para optar al título de:

Ingeniero(a) Agrónomo

Ciudad Universitaria, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

LIC. M. SC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

DR. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO:

ING. BALMORE MARTÍNEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE DESARROLLO RURAL

ING. EDGAR MARROQUÍN MENA

DOCENTES DIRECTORES

ING. M. SC. EFRAÍN ANTONIO RODRÍGUEZ URRUTIA

LIC. RUDY ANTHONY RAMOS SOSA

LICDA. CLAUDIA MARÍA ARRIAZA ALFARO

COORDINADORA GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

ING. ANA JUANA ELIZABETH VALDÉS DE SÁNCHEZ

Resumen

La investigación se realizó en el periodo de septiembre 2019 a enero del 2020 en los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hovedor del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz; con el objetivo de caracterizar el agua de pozo del área en estudio, conocer las prácticas de uso y manejo del agua y suelo en el sitio, mediante un estudio socio-económico realizado a una muestra de 69 familias.

Se seleccionaron seis pozos de forma aleatoria: dos en cada caserío en estudio, los cuales fueron muestreados cada dos meses, durante cinco meses, para los parámetros microbiológicos (septiembre, noviembre y enero), y dos veces para los parámetros físico-químicos (septiembre y enero). En cada muestra se realizaron determinaciones físico-químicas y microbiológicas que fueron comparadas con el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”.

Los análisis físico-químicos se realizaron en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas y en el Laboratorio Físico-químico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, los dos de la Universidad de El Salvador. Se analizaron los parámetros: cianuro, dureza, nitratos, nitritos, olor, pH, sólidos totales disueltos, sulfatos, temperatura y turbidez; además los metales pesados: aluminio, arsénico, boro, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Los análisis microbiológicos se realizaron en el Centro de Investigación y Desarrollo (CIDE), del Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (CFI-ANANDA).

Los resultados demostraron que los pozos de agua tienen contaminación por arsénico entre 0.03 a 0.09 mg/L, manganeso de 0.57 a 0.023 mg/L, hierro entre 0.45 a 0.01 mg/L y plomo de 0.01 a 0.008 mg/L.

En todos los pozos de agua hay contaminación por bacterias Coliformes Totales entre 1.00 a 2,419.6 NMP/100 mL, *Escherichia coli* de menos 1.00 a más de 2,419.6 NMP/100 mL y *Pseudomonas aeruginosa* con menos de 1.00 NMP/100 mL y un máximo de 1,119.90 NMP/100 mL, los cuales no cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño y por lo tanto, el agua de todos los pozos muestreados de los caseríos en estudio no es apta para el consumo humano.

Palabras clave: Agua, pozo, caracterización, parámetros físico-químicos y microbiológicos, metales pesados, bacterias coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Abstract

The research was carried out in the period from September 2019 to January 2020 in the Los Encuentros, El Anono and El Hervedor hamlets of the San Francisco Amatepe canton, municipality of San Luis Talpa, La Paz department; with the objective of characterizing the well water of the area under study and knowing the practices of use and management of water and soil in the site, through a socio-economic study taken on a sample of 69 families.

Six wells were randomly selected: two from each hamlet under study, which were sampled every two months, for six months, for the microbiological parameters (September, November and January), and twice for the physical-chemical parameters (September and January). Physicochemical and microbiological determinations were made in each of the samples, which were compared with the Salvadoran Technical Regulation "RTS 13.02.01: 14 Water. Water for Human Consumption. Quality and Safety Requirements".

The physical-chemical analyzes were realized at the Agricultural Chemistry laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences and in the Physical-chemical Water Laboratory of the Faculty of Chemistry and Pharmacy, both of the University of El Salvador. The parameters analyzed were: cyanide, hardness, nitrates, nitrites, odor, pH, total dissolved solids, sulfates, temperature and turbidity; also heavy metals: aluminum, arsenic, boron, cadmium, copper, chromium, iron, manganese, mercury, nickel, lead and zinc.

The microbiological analyzes were carried out at the Research and Development Center (CIDE), of the Comprehensive Training Center of the National Administration of Aqueducts and Sewers (CFI-ANDA).

The results showed that the water wells have contamination by arsenic between 0.03 to 0.09 mg/L, manganese from 0.57 to 0.023 mg/L, iron between 0.45 to 0.01 mg/L and lead from 0.01 to 0.008 mg/L.

In all water wells there is contamination by Total Coliform bacteria between 1.00 to 2,419.6 MPN/100 mL, *Escherichia coli* from less than 1.00 to more than 2,419.6 MPN/100 mL and *Pseudomonas aeruginosa* with less than 1.00 MPN/100 mL and a maximum of 1,119.90 NMP/100 mL, which do not comply with the Salvadoran Technical Regulations and therefore, the water from all the wells sampled from the farms under study is not suitable for human consumption.

Key words: water, wells, characterization, physical-chemical and microbiological parameters, metales pesados, Total Coliforms Bacterias, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso, por brindarme el conocimiento y sabiduría necesaria para completar este proyecto de investigación.

A mi Padre, Santos Benavides Rodríguez, gracias a su apoyo y consejos he podido llegar a donde estoy ahora.

A mi Madre, Cruz Serrano de Benavides, que junto a mi padre han sido guías en mi camino.

A mi hermana, Susana Benavides Serrano, gracias a sus regaños y consejos he sido perseverante y logrado cumplir poco a poco mis sueños.

A mi hermana, Rosa Benavides Serrano, uno de los mayores ejemplos de perseverancia.

A mi hermana Guadalupe Benavides Serrano, una gran consejera y oyente.

A mis asesores del trabajo de graduación, Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa y Licda. Claudia María Arriaza Alfaro, gracias a su guía y apoyo logramos culminar este proyecto de investigación.

María Eugenia Benavides Serrano

Dedicatoria

A Dios Todopoderoso y a la virgen santísima, por darme salud, sabiduría, entendimiento y fortaleza para terminar mis estudios y lograr mis metas.

A mi madre María Irma Zaldaña, por ser el principal motor que me guiaba y apoyaba en mis estudios, por todo su sacrificio y esfuerzo día a día, por creer en mí y darme la oportunidad de tener una carrera para mi futuro.

A mi padre Oscar Osmín Pineda, por creer en mí y apoyarme en todo momento de mi vida, por todo su sacrificio y esfuerzo, para darme la oportunidad de tener una carrera para mi futuro.

A mis hermanas Maritza Beatriz Pineda, María Ivania Pineda, Irma Eugenia Pineda, a mi hermano Cesar Osmín Pineda y a toda mi familia por el apoyo que me brindaron para salir adelante en el transcurso de mi carrera.

Al Ing. Agr. Efraín Cerritos, por su ayuda incondicional, su amistad y apoyo en todo momento a lo largo de mis estudios.

A todos mis amigos, por su apoyo, amistad incondicional, comprensión y sacrificio realizado en el transcurso de la carrera.

Enrique Alejandro Pineda Zaldaña

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de conocer esta carrera en la que disfruté aprender tanto; por haber puesto en mi camino compañeros y amigos que me dieron todo su apoyo en la trayectoria de esta carrera; y por siempre darme la fortaleza de mantener mi meta inicial de ser un profesional que esté siempre al servicio de los demás.

A Santa María y San Juan Bosco, por ser mis primeros referentes en mi realización como hijo, hermano, nieto, amigo, compañero y apóstol, cuyo ejemplo de servicio me animó a dar lo mejor mí con mis compañeros durante mi trayectoria en esta carrera.

A mi madre, Marina de Choto, por darme la oportunidad y el completo apoyo para dedicarme a esta profesión.

A Mariela Renderos (Q.E.P.D.), por haber sido mi compañera y amiga hasta que Dios lo permitió, por cada trabajo que hicimos juntos, noches de desvelo estudiando y todos esos momentos de fraternidad que compartimos y que voy a atesorar por siempre. Me comprometo a ser un buen profesional y una persona íntegra en nombre de ambos.

Marcelo David Choto Quintanilla

Agradecimientos

A mi familia, que gracias a su apoyo emocional y económico logre culminar este proyecto.

A mis asesores de trabajo de graduación, Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa y Licda. Claudia María Arriaza Alfaro, por haber aceptado el reto de guiarnos en esta investigación.

A la Licda. Claudia María Arriaza Alfaro y al CFI-ANANDA por el financiamiento de los análisis microbiológicos.

Al jefe del departamento de Química Agrícola, Lic. Freddy Alexander Carranza, al Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia y a BANDESAL, por el financiamiento de los análisis físicos químicos.

A las personas del laboratorio de Química Agrícola, en especial al Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa, por guiarnos en la elaboración de los análisis físico-químicos.

A los habitantes de las comunidades del cantón Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, por habernos recibido con gusto y atendernos, y realizar las actividades de entrevista y muestreo de los pozos.

A doña Celia Marisol Osegueda, por habernos recibido de la manera más atenta desde el primer día y habernos apoyado hasta el final de las visitas a las comunidades.

Al Ing. Elías Antonio Vásquez, porque fue nuestro contacto con las familias de las comunidades.

A mis compañeros, Enrique Alejandro Pineda y Marcelo David Choto, por nunca rendirse y luchar junto a mí hasta lograr la finalización de este proyecto.

Finalmente, mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que estuvieron apoyándonos incondicionalmente a lo largo de toda esta aventura.

María Eugenia Benavides Serrano

Agradecimientos

A los asesores del proyecto de tesis Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa, Lic. Claudia María Arriaza, por su apoyo, tiempo, orientación y sugerencias a lo largo de este proyecto de investigación.

A las personas del laboratorio de Química Agrícola, al jefe del departamento de Química Agrícola, Lic. Freddy Alexander Carranza y Licda. Blanca Lorena Bonilla de Torres por el apoyo y sugerencias realizadas.

A Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa y al Lic. Guillermo Jacob Pineda Magaña por guiarnos en la elaboración de los análisis físico-químicos.

Al Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, por creer en nuestro equipo y apoyar el proyecto y a BANDESAL por el financiamiento de los análisis físicos químicos.

A la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), por su colaboración y apoyo, a la Licda. Claudia Arriaza y a la Licda. Georgina Juárez, por guiarnos y compartir sus conocimientos para la realización de los análisis microbiológicos.

A mis compañeros y amigos Eugenia Benavides y Marcelo Choto, por confiar en mi persona para ser parte de este proyecto.

Al Ing. Elías Antonio Vásquez, por creer en nuestro proyecto y ser nuestro contacto con las familias de las comunidades.

A doña Celia Marisol Osegueda, por su amistad y ayuda incondicional a lo largo de todas nuestras visitas a las comunidades.

A todos los habitantes de las comunidades del cantón Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, por su valioso tiempo compartido, colaborando atentamente en las entrevistas y a las familias que nos permitieron muestrear sus pozos.

Enrique Alejandro Pineda Zaldaña

Agradecimientos

A mis compañeros Eugenia y Enrique, por haber formado parte de esta experiencia conmigo, por apoyarme en la idea que dio origen a este proyecto de investigación y por incentivarme a dar lo mejor de mí en este proyecto.

A nuestros asesores, el Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, el Lic. Rudy Anthony Ramos Sosa y la Licda. Claudia María Arriaza Alfaro, por su guía, consejo, paciencia y sobre todo, el compromiso que nos entregaron a mis compañeros y a mí.

A la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), por su colaboración y por permitirnos ingresar al Centro de Formación Integral, donde pudimos compartir con la Licda. Claudia Arriaza y Licda. Georgina Juárez, cuya solidaridad y profesionalismo son valores dignos de admirar e imitar.

A los docentes de los departamentos de Química Agrícola y Desarrollo Rural, ambos de la Facultad de Ciencias Agronómicas, especialmente al Lic. Freddy Carranza, por colaborarnos y acompañarnos en este proyecto de investigación.

A doña Celia Marisol Osegueda, por habernos atendido amablemente en cada visita y por ser nuestro vínculo y acompañante cada vez que vistamos las comunidades en estudio.

A todas las personas de los caseríos El Anono, Los Encuentros y El Hovedor, del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, que nos abrieron sus puertas para realizar esta investigación y obtener la información.

Marcelo David Choto Quintanilla

ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	iv
Abstract	v
Agradecimientos	ix
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE CUADROS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
1 Introducción	1
2 Revisión bibliográfica	3
2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	3
2.1.1 Metas del Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos	3
2.2 Desarrollo rural.....	4
2.3 Desarrollo local	4
2.4 Cuencas hidrográficas	5
2.5 Recursos naturales	5
2.6 Recursos hídricos	6
2.7 Sistemas de abastecimiento de agua potable	7
2.8 Contaminación del agua	8
2.8.1 Contaminación físico-química	8
2.8.1.1 Cianuro.....	9
2.8.1.2 Color aparente.....	9
2.8.1.3 Dureza.....	10
2.8.1.4 Nitratos	10
2.8.1.5 Nitritos	11
2.8.1.6 Olor.....	11
2.8.1.7 pH.....	12
2.8.1.8 Sólidos Totales Disueltos	12
2.8.1.9 Sulfatos	13
2.8.1.10 Turbidez	13
2.8.1.11 Aluminio (Al).....	14

2.8.1.12 Arsénico (As).....	15
2.8.1.13 Boro (B).....	15
2.8.1.14 Cadmio (Cd).....	16
2.8.1.15 Cobre (Cu).....	17
2.8.1.16 Cromo (Cr)	17
2.8.1.17 Hierro (Fe).....	18
2.8.1.18 Manganeso (Mn)	19
2.8.1.19 Mercurio (Hg)	19
2.8.1.20 Níquel (Ni)	19
2.8.1.21 Plomo (Pb)	20
2.8.1.22 Zinc.....	21
2.8.2 Contaminación microbiológica.....	21
2.8.2.1 Bacterias Coliformes Totales	22
2.8.2.2 Escherichia coli	22
2.8.2.3 Pseudomonas aeruginosa.....	22
2.9 Determinación de parámetros.....	23
2.9.1. Determinación de parámetros físico-químicos	23
2.9.1.1 Determinación de la dureza del agua.....	23
2.9.1.2 Determinación de Sulfatos	23
2.9.1.3 Determinación de turbidez	24
2.9.1.4 Determinación de boro, cianuro, aluminio, color aparente, nitratos y nitritos	24
2.9.1.5 Determinación de metales pesados	24
2.9.1.6 Determinación de mercurio	24
2.9.2 Determinación de parámetros microbiológicos	25
2.9.2.1 Determinación de Coliformes Totales, Escherichia coli y Pseudomonas aeruginosa	25
2.10 Efectos de la contaminación del agua en la salud humana	25
2.11 Salud pública.....	26
2.11.1 Importancia de la salud publica	26
2.11.2 Servicios de suministro de agua potable.....	27
2.11.3 Protección de la salud pública.....	27
2.12 Marco Legal	28
2.12.1 Código de Salud	28
2.12.2 Ley de Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados	29

2.12.3	Inspectores de salud ambiental o saneamiento ambiental.....	29
2.12.4	Hogares con abastecimiento de agua potable	30
2.13.	Documentos regulatorios	31
2.14.	Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”	32
3	Materiales y Métodos	33
3.1	Ubicación de la investigación.....	33
3.2	Metodología de campo.....	33
3.3	Metodología de laboratorio	35
3.3.1	Determinación de bacterias Coliformes Totales, Escherichia coli y Pseudomonas aeruginosa.....	35
3.3.2	Determinación de boro, cianuro, aluminio, color aparente, nitratos y nitritos.....	36
3.3.3	Determinación de la dureza del agua.....	37
3.3.4	Determinación de metales pesados	37
3.3.5	Determinación de turbidez.....	38
3.3.6	Determinación de Sulfatos	38
3.4	Metodología estadística	39
3.5	Metodología socioeconómica.....	40
4	Resultados y Discusión	42
4.1	Caracterización física.....	42
4.2	Caracterización química.....	43
4.2.1	Metales pesados	43
4.2.1.1	Arsénico	45
4.2.1.2	Hierro.....	46
4.2.1.3	Manganeso.....	46
4.2.1.4	Níquel	47
4.2.1.5	Plomo	47
4.3	Caracterización microbiológica	47
4.3.1	Bacterias Coliformes Totales.....	48
4.3.2	Escherichia coli.....	49
4.3.3	Pseudomonas aeruginosa.....	49
4.4.	Caracterización socioeconómica	51
4.4.1.	Datos Generales.....	51
4.4.1.1.	Composición de la familia por sexo.....	51

4.4.1.2.	Tiempo de vivir en la comunidad.....	51
4.4.1.3.	Ocupación de las personas.....	52
4.4.1.4.	Disponibilidad del servicio de agua potable	52
4.4.2.	Información de las fuentes de agua	53
4.4.2.1.	Tiempo de construcción de los pozos	53
4.4.2.2.	Protección de los pozos	53
4.4.2.3.	Profundidad de los pozos.....	53
4.4.2.4.	Cercanía de los pozos a posibles fuentes de contaminación	54
4.4.3.	Uso y tratamiento del agua de pozo.....	55
4.4.3.1.	Uso del agua	55
4.4.3.2.	Calidad del agua de los pozos	55
4.4.3.3.	Tratamiento que recibe el agua de los pozos	55
4.4.3.4.	Uso del agua del pozo para que tomen los animales	56
4.4.4.	Evaluación socioeconómica	56
4.4.4.1.	Servicio de energía eléctrica	56
4.4.4.2.	Organizaciones que intervienen en las comunidades.....	57
4.4.4.3.	Temas en que han sido capacitados.....	57
4.4.4.4.	Enfermedades más comunes en las comunidades.....	58
4.4.5.	Evaluación socio agronómica.....	59
4.4.5.1.	Uso de los terrenos de las viviendas.....	59
4.4.5.2.	Uso y frecuencia del agua para riego de cultivos.....	59
4.4.5.3.	Uso de productos químicos.....	60
4.4.5.4.	Uso de equipo de protección al aplicar agroquímicos.....	60
5.	Conclusiones.....	62
6.	Recomendaciones.....	64
7.	Bibliografía	65
8.	Anexos	83

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Número y porcentaje de hogares con servicio de agua en El Salvador. 2012.....	31
Cuadro 2. Límite Máximo Permisible (LMP) de parámetros de agua de consumo humano..	32
Cuadro 3. Resultados de parámetros físicos en muestras de agua de pozo.....	42
Cuadro 4. Resultados de parámetros químicos en muestras de agua de pozo.....	43
Cuadro 5. Resultados de metales pesados en muestras de agua de pozo.	44
Cuadro 6. Resultados de bacterias Coliformes Totales, <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en muestras de agua de pozo.	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de los caseríos donde se realizó la investigación.	33
Figura 2. Tiempo de residir en los caseríos del estudio.	51
Figura 3. Ocupación de las personas encuestadas.	52
Figura 4. Profundidad de los pozos.	54
Figura 5. Viviendas con pozos cercanos a posibles fuentes de contaminación.	54
Figura 6. Uso del agua.	55
Figura 7. Tratamientos que recibe el agua de los pozos.	56
Figura 8. Organizaciones que intervienen en las comunidades.	57
Figura 9. Temas en que han sido capacitados los agricultores de los caseríos.	58
Figura 10. Enfermedades más comunes en las comunidades.	58
Figura 11. Uso y frecuencia de riego de cultivos.	59
Figura 12. Uso de equipo de protección al aplicar agroquímicos.	60

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Identificación de unidades de muestreo.....	83
Anexo 2. Pozo comunitario del caserío El Hervedor.....	83
Anexo 3. Pozo comunitario del caserío El Anono.....	83
Anexo 4. Recipientes utilizados para toma de muestras físico químico.....	84
Anexo 5. Recipientes utilizados para muestras microbiológicas.....	84
Anexo 6. Muestreo por medio de grifos.....	84
Anexo 7. Muestreo por medio de cubetas.....	84
Anexo 8. Viñetas para etiquetar muestras.....	84
Anexo 9. Conservación de muestras.....	84
Anexo 10. Análisis en campo con sonda multiparamétrica.....	85
Anexo 11. Laboratorio CFI-ANDA.....	85
Anexo 12. Laboratorio Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.....	85
Anexo 13. Titulación de dureza (prueba para determinar la dureza del agua).....	85
Anexo 14. Equipo para determinar metales.....	85
Anexo 15. Análisis con uso del nefelómetro.....	85
Anexo 16. Medición de muestra (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 17. Adición de anaranjado de Metilo (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 18. Adición de ácido (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 19. Calentamiento de muestras (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 20. Filtrado de muestra (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 21. Comprobación de ausencia del ión cloro (prueba de sulfatos).....	86
Anexo 22. Pesado de muestra (prueba.....)	87
Anexo 23. Desarrollo de entrevistas.....	87
Anexo 24. Pozos cubiertos.....	87
Anexo 25. Pozos descubiertos.....	87
Anexo 26. Sistema de agua sin uso.....	87
Anexo 27. Evidencia de cercanía entre la letrina y el pozo.....	87
Anexo 28. Productos químicos utilizados en el cultivo de caña de azúcar.....	88
Anexo 29. Caracterización del agua de pozo por caserío (considerando el valor más alto obtenido entre todos los muestreos).....	89
Anexo 30. Resultados de los análisis químicos del laboratorio.....	90

Anexo 31. Resultados de los análisis químicos del laboratorio.....	91
Anexo 32. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	92
Anexo 33. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	93
Anexo 34. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	94
Anexo 35. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	95
Anexo 36. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	96
Anexo 37. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	97
Anexo 38. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	98
Anexo 39. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	99
Anexo 40. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	100
Anexo 41. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.	101
Anexo 42. Formato de la encuesta utilizada para realizar las entrevistas	102

1 Introducción

El agua es el elemento más importante para la vida. Es de una importancia vital para el ser humano, así como para el resto de animales y seres vivos que habitan el planeta. La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de estos el 97.5% es agua salada, el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce y de esta casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo; se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano (FCEA 2017a).

El 74% de los hogares salvadoreños disponen de agua proveniente de una red de suministro, aunque en gran parte de las zonas con cobertura el servicio es intermitente. Solamente un 32% de la población rural tiene acceso a servicios de agua, que no necesariamente es potable. Los estudios indican que la calidad del agua consumida es deficiente y que alrededor de un 40% de los sistemas analizados tienen problemas de contaminación microbiológica (MARN 2011).

La contaminación del medio ambiente, particularmente la del agua y sus efectos en la salud de la población, es uno de los problemas más importantes que hay que atender tanto a nivel nacional como mundial. En este aspecto, la determinación del grado de contaminación del agua resulta ser un paso indispensable para solucionar cualquier problema relacionado con riesgos para la salud y el medio ambiente (Barrenechea 2009).

Los metales pesados son de gran interés, debido a que la presencia de estos en el ambiente tiene efectos negativos sobre la salud de las personas, animales y de los cultivos. Estos provienen de diversas fuentes, las más importantes son: el suelo contaminado, las aguas y lodos residuales, industria, depósitos de basura mal manejados, fertilizantes químicos y plaguicidas empleados en agricultura; además, en el país se presenta una alta actividad volcánica, por lo que metales como el plomo y el arsénico se encuentran comúnmente en algunos mantos acuíferos y en ríos (Carranza 2015).

Como consecuencia de la contaminación, en muchos municipios de El Salvador, como San Luis Talpa en el departamento de La Paz, se han realizados estudios por la Organización Panamericana de la Salud en coordinación con la Organización Mundial de la Salud (OPS-

OMS) en 2013, en estos lugares se han reportado muchos casos de personas enfermas por el recurso agua, principalmente con IRC (Insuficiencia Renal Crónica). Existen muchas causas que pueden dar origen a esta situación en los habitantes de la región, así como en otras regiones (principalmente del área rural) del país; por este motivo, la investigación estudió uno de los factores que pueden estar más relacionados a esta incidencia: las fuentes de abastecimiento de agua para el consumo humano y su relación con enfermedades como IRC.

El estudio tuvo por objetivo caracterizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de pozos para consumo humano y, prácticas de uso y manejo del agua y suelo en los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervedor, del municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz. Esto se realizó por medio de análisis de muestras de agua de las viviendas de los pobladores, que fueron comparados con los parámetros de calidad establecidos en el “Reglamento Técnico Salvadoreño 13.02.01.14 Agua. Agua potable. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”, y a través de un estudio socioeconómico, donde se realizaron entrevistas a la población en estudio utilizando una encuesta.

2 Revisión bibliográfica

2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental durante los próximos 15 años, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino para mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás.

La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, y dos de ellos tienen relación con esta investigación, entre ellos, el Objetivo 3, tiene que ver con garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades, y el Objetivo 6, está relacionado con garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos (PNUD 2019b).

2.1.1 Metas del Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos

El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que queremos vivir. Hay suficiente agua dulce en el planeta para lograr este sueño. La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo (PNUD 2019a).

La sequía afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce (PNUD 2019a).

El PNDU (2019a) ha definido las metas del objetivo 6 proyectadas hacia el año 2030. Estas consisten en mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, por medio de saneamiento e higiene adecuado del agua; además, aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores, asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce; y de esta manera lograr que toda la población tenga acceso a agua potable por un precio accesible.

2.2 Desarrollo rural

El desarrollo rural es un proceso para producir transformaciones sustanciales en las condiciones de vida de la población que vive en el campo, en las estructuras económicas, políticas y sociales que faciliten y hagan posible la plena incorporación de las personas rurales a las actividades de la vida nacional. Este proceso se realiza a través de la participación consciente y crítica de las poblaciones de zonas rurales en el análisis de sus problemas, necesidades y de sus intereses, en el planteamiento de soluciones, en las decisiones y en la actuación para transformar su situación y superar los problemas de su comunidad (Medina 1981).

El desarrollo rural es un trabajo educativo con la comunidad campesina, que le permita consiente y racionalmente operar los cambios en los aspectos técnicos, sociales, institucionales y políticos; y a la vez sea capaz de utilizar los recursos propios y externos que la conduzcan a elevar sus niveles de vida. En los países en desarrollo es una de las vías para elevar el nivel de vida de la masa campesina y asegurar al mismo tiempo la existencia de la población urbana que depende de los productos del campo (Góez 1982).

2.3 Desarrollo local

La administración local es el pilar fundamental y actor principal de las políticas de desarrollo local; por lo tanto, es un nuevo enfoque basado y fundamentado principalmente en el aprovechamiento de los recursos endógenos (humanos, naturales e infraestructuras), entendidos siempre como punto de partida, y nunca de llegada, para un nuevo tipo de desarrollo centrado en lo local que hoy se conoce con el nombre de “Modelos de Desarrollo Local” (Carrillo y Pérez 2000).

El desarrollo local es “un proceso en que el gobierno local establece iniciativas, promueve actividades económicas y sociales, conectando con el sector privado y con todos los agentes socioeconómicos en proyectos conjuntos o incentivándolos con el objeto principal de crear nuevos empleos y, sobre todo, regenerar la estructura socioeconómica de la zona”. El desarrollo local puede definirse como “un proceso de crecimiento económico y cambio estructural que conduce a una mejora del nivel de vida de la población local, creando empleo, renta y riqueza por y para la comunidad local” (Carrillo y Pérez 2000).

2.4 Cuencas hidrográficas

La cuenca es un área geográfica por donde transita el agua hacia una corriente principal y luego hacia un punto común de salida, es también, el territorio en el que ocurre el ciclo hidrológico, por lo tanto, es la unidad geográfica más funcional para administrar el agua (FCEA 2017c).

Una cuenca hidrográfica es un territorio, región o zona para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente agua, suelo y vegetación, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie escurre hacia un cauce común, es decir, que desemboca en un afluente más grande como una laguna o el mar (García *et al.* 2003).

El territorio de las cuencas facilita la relación entre sus habitantes, independientemente de que, si éstos se agrupan dentro de dicho territorio en comunidades, caseríos, municipios o departamentos delimitados por razones político-administrativas, debido a su dependencia común a un sistema hídrico compartido, a los caminos y vías de acceso, y al hecho que deben enfrentar amenazas y vulnerabilidades comunes.

En una cuenca hidrográfica pueden definirse sus unidades menores:

- Subcuenca: toda área que drena directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuencas pueden conformar una cuenca.
- Microcuenca: toda área que drena directamente a la corriente principal de una subcuenca. Varias microcuencas pueden conformar una subcuenca.
- Quebradas: toda área que drena a la corriente principal de una microcuenca. Varias quebradas pueden formar una microcuenca (Amaya *et al.* 2006).

2.5 Recursos naturales

Según Anzil (2009), los recursos naturales son aquellos elementos proporcionados por la naturaleza que pueden ser aprovechados por las personas para satisfacer sus necesidades, los cuales se clasifican en recursos naturales renovables y no renovables.

Los recursos naturales renovables son aquellos que su disponibilidad no se agota con su uso, debido a que su utilización no produce una disminución en su disponibilidad (como la energía solar), o también que se regeneran a una tasa mayor que la tasa de utilización (como los

bosques). En este último caso, puede suceder que un recurso natural deje de serlo debido a su utilización intensiva (Econlink 2008).

Los recursos naturales no renovables son aquellos que existen en cantidades fijas o cuya tasa de regeneración es menor a la tasa de explotación. A medida que los recursos naturales no renovables son utilizados, su aprovechamiento es limitado. Algunos ejemplos de recursos naturales no renovables son el petróleo, los minerales y el gas natural (Anzil 2009).

Los recursos naturales tierra, agua y el material genético son esenciales para la producción de alimentos, el desarrollo rural y los medios de subsistencia sostenibles. Desafortunadamente, por el acceso a estos recursos es probable que en muchas regiones aumenten los conflictos (presentes desde hace mucho tiempo en la historia humana) debido al aumento de la demanda de alimentos, agua, fibras y energía, así como a la pérdida y degradación de las tierras productivas. La transformación de las condiciones agrícolas, una escasez mayor de agua, la pérdida de biodiversidad, los acontecimientos meteorológicos extremos y otros efectos del cambio climático exacerbarán los conflictos (FAO s. f.).

2.6 Recursos hídricos

Los recursos hídricos son todos los cuerpos de agua que existen en el planeta, estos están constituidos por los ríos, lagos, arroyos, lagunas y océanos. Al interior de la cuenca, el agua actúa y funciona como distribuidor de insumos primarios (nutrientes, materia orgánica, sedimentos) producidos por la actividad sistémica de los recursos. Este proceso modela el relieve e influye en la formación y distribución de los suelos en las laderas y por ende, en la distribución de la vegetación y del uso de la tierra. El sistema hídrico también refleja un comportamiento de acuerdo a como se están manejando los recursos agua, suelo y bosque, así como que actividades o infraestructuras afectan su funcionamiento (Jiménez 2010).

La calidad de cualquier masa de agua superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Se puede decir que las aguas superficiales presentan condiciones que varían de una cuenca a otra por lo que la calidad de esta agua es variable con el tiempo (Sierra 2011).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola, y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico (ONU-DAES 2014).

2.7 Sistemas de abastecimiento de agua potable

En El Salvador, las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico, porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas superficiales (ríos, lagos y otros) se encuentran en mayor riesgo, debido a que la fuente de agua está expuesta a diversos tipos de contaminación. Las razones para ello incluyen la carencia de una apropiada disposición de excretas y factores como la defecación a cielo abierto, las letrinas mal diseñadas y la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos (ANDA 2010).

En el país, una pequeña parte de la población rural (17.8%) cuenta con servicios de abastecimiento de agua potable, de estos el 6.1% está representado por conexiones domiciliarias y el 11.7% de la población es servida a través de cantareras o pilas públicas, y en muchos casos el servicio es discontinuo. Por este motivo los pobladores la suelen almacenar en recipientes, la constante manipulación de estos recipientes incrementa la posibilidad de que el agua se vuelva a contaminar y, por consiguiente, que aumente el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales (ANDA 2010).

El tratamiento y la desinfección efectiva del agua de consumo humano mejoran su calidad, pero en las áreas rurales se presenta una serie de factores que dificultan su ejecución, los cuales están relacionados con aspectos políticos, económicos, sociales y culturales, entre ellos están: la ubicación geográfica, dificultades en las vías de comunicación, limitada inversión en infraestructura sanitaria y programas de desinfección, en personal de operación y mantenimiento de los sistemas de servicios de agua, problemas de logística, marco institucional no definido y la falta de líderes en las comunidades (Aurazo 2004).

2.8 Contaminación del agua

Estudios realizados por Ongley (1997) demuestran que la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a nivel mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, como consecuencia de la erosión y de la escorrentía agrícola, justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a nivel mundial.

En América Latina y el Caribe el 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y usos domésticos como la higiene personal. La baja calidad del agua afecta directamente la cantidad de agua de diversas maneras. El agua contaminada que no puede utilizarse para consumo, baño, industria o la agricultura, reduce de forma efectiva la cantidad de agua disponible en una determinada cuenca. Para determinar qué tan pura o contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros, los cuales están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos, y dichos resultados se comparan con valores guías, normativa de cada país, y así clasifica si es apta o no para el uso establecido (Mora 1996).

La gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas conlleva que el agua que beben cientos de millones de personas se vea peligrosamente contaminada o polucionada químicamente (OMS 2018).

2.8.1 Contaminación físico-química

Los contaminantes físicos son principalmente sólidos y materiales en suspensión, cuyos impactos en los ecosistemas dulceacuícolas son consecuencia de la obstrucción de la luz que generan. Por otra parte, el calor de las industrias que utilizan el agua para el enfriamiento de sus equipos o que descargan agua o líquidos a altas temperaturas, interfieren en los ciclos de crecimiento y reproducción de las especies presentes y disminuyen la solubilidad de los gases en el agua (FCEA 2017b).

Los contaminantes químicos pueden ser de origen inorgánico o de origen orgánico:

- a) La contaminación inorgánica consiste en el aporte de nutrientes, detergentes y metales que llegan a los cuerpos de agua. Los metales pesados son los compuestos químicos más preocupantes, como el cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), que son metales tóxicos y repercuten en el sistema nervioso central y en el riñón,

además de que se les atribuyen alergias, intoxicación y en ocasiones un carácter cancerígeno.

- b) Los compuestos orgánicos se dividen en naturales y sintéticos, los primeros producen mal olor y sabor, mientras que los sintéticos son de origen industrial y son tóxicos, en esta categoría se encuentran Compuestos Orgánicos Persistentes (COP), residuos de plaguicidas (fumigantes, fungicidas, insecticidas y herbicidas) que junto a los disolventes producidos por las actividades industriales tienen impacto en el hecho de que son persistentes, bioacumulables, se transportan largas distancias y han sido relacionados con efectos cancerígenos (FCEA 2017b).

2.8.1.1 Cianuro

Aparte de los compuestos del equilibrio carbónico y de Carbono orgánico, otro compuesto carbonatado son los cianuros, con alto poder contaminante y que provienen de la actividad industrial. El cianuro en disoluciones se halla disociado y en aguas naturales se encontrará como especie no disociada de mayor toxicidad que las especies iónicas (Marín s. f.).

El cianuro es un producto químico ampliamente utilizado por la industria minera para la disolución o lixiviación de metales preciosos, específicamente el oro. Su alto grado de toxicidad lo convierte en un compuesto de gran peligrosidad si no es manipulado de manera adecuada, pudiendo originar considerables problemas ambientales. En la naturaleza el cianuro es formado, excretado y degradado por miles de animales, plantas, insectos, hongos y bacterias (Guerrero 2010).

2.8.1.2 Color aparente

El color del agua se debe a la presencia de materia orgánica natural, como pueden ser las sustancias húmicas o ciertos metales como hierro, manganeso o cobre, que se encuentra disuelta o en suspensión.

Es importante diferenciar entre las sustancias que están disueltas en el agua y las partículas que se encuentran en suspensión, ya que esto incide en los valores de lo que se clasifica como "color verdadero" y "color aparente" del agua. El color verdadero es el que depende solamente del agua y las sustancias disueltas en ella, mientras que el color aparente incluiría también las

partículas en suspensión. Estas últimas son las responsables de la turbidez del agua (Higiene Ambiental 2019a).

2.8.1.3 Dureza

La dureza del agua está relacionada con la cantidad de cationes metálicos, excepto metales alcalinos, que están presentes en ella y que pueden existir como carbonatos o bicarbonatos. Entre estos metales están el calcio, magnesio, hierro, bario, estroncio. Debido a que la concentración de iones calcio y magnesio es mucho mayor que la de los demás cationes, se asume que la dureza del agua está representada por el contenido de estos iones, expresada como carbonato de calcio (CaCO_3) (Álvares *et al.* 2003).

2.8.1.4 Nitratos

Los nitratos están presentes naturalmente en suelos, aguas, vegetales y carne. Se les encuentra también en pequeñas concentraciones ($1\text{-}40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$) en el aire como resultado de la contaminación atmosférica. Los niveles en suelos cultivados y, por lo tanto, en el agua (por lo común no pasan de $10\ \text{mg}/\text{l}$) pueden aumentar con el empleo de fertilizantes químicos nitrogenados y el retorno al suelo de desechos derivados de la explotación pecuaria u otras fuentes.

Los nitratos en el suelo y en las aguas superficiales y subterráneas se derivan de la descomposición natural de materiales nitrogenados orgánicos, llevada a cabo por microorganismos (Cabrera y Pacheco 2003).

En general, las aguas superficiales contienen nitratos en concentraciones menores a $10\ \text{mg}/\text{l}$, raramente exceden de $3\ \text{mg}/\text{l}$ y a menudo son menores de $1\ \text{mg}/\text{l}$. En aguas subterráneas las concentraciones de nitratos pueden variar desde casi cero hasta $1,000\ \text{mg}/\text{l}$ en algunos casos, las altas concentraciones pueden deberse a concentración o percolación de agua a través del suelo que ha sido repetidamente fertilizado. Las aguas subterráneas normales contienen una cantidad de ión nitrato que suele oscilar entre 0.1 y $10\ \text{ppm}$.

El nitrato causa toxicidad en las personas, especialmente en niños y niñas. Serios envenenamientos y, ocasionalmente muertes en infantes han ocurrido después de la ingestión de aguas conteniendo nitratos arriba de $10\ \text{mg}/\text{l}$ de N-Nitrato (N-NO_3) (Cabrera y Pacheco 2003).

2.8.1.5 Nitritos

El ión nitrito puede estar presente en las aguas como consecuencia de la oxidación del Amoníaco (NH_3) o como resultado de la reducción microbiana o no de los nitratos. Su presencia en el agua debe considerarse como indicio fundado de una posible contaminación reciente (dada su inestabilidad) y tal vez de la no potabilidad del agua debido a la toxicidad de este ión.

La sola presencia de nitrito y amonio en el agua subterránea no debe ser considerada como resultado de una contaminación sin analizar las posibles causas de su presencia, dado que en un acuífero las condiciones de oxidación no son siempre favorables y estos iones, incorporados de manera natural al acuífero, pueden mantenerse durante cierto tiempo en equilibrio con su forma oxidada (Fernández y Vásquez 2006).

El consumo de aguas contaminadas por nitratos y nitritos son perjudiciales a las personas en general, debido a que, por la acción de estos compuestos con bacterias intestinales, pueden formarse nitrosaminas, las cuales, a causa de su posible acción cancerígena, resulta peligrosa (Fernández y Vásquez 2006).

2.8.1.6 Olor

Las pruebas de sabor y olor son útiles como comprobación de la calidad del agua cruda y del agua tratada, controlar el olor en las diversas unidades de una planta potabilizadora, determinar las dosis convenientes para el tratamiento, verificar la efectividad de las diversas clases de tratamiento y como un medio para definir la fuente de contaminación. Los órganos del gusto y del olfato son notablemente sensibles, pero no son precisos. Las personas varían mucho en su sensibilidad y aún la misma persona puede mostrar variaciones diarias en sus percepciones. A pesar de los esfuerzos realizados durante más de un siglo, aún no existe un método satisfactorio para caracterizar el olor, por lo cual las descripciones que se obtienen son cualitativas (Acevedo *et al.* 2013).

El olor se reconoce como factor de calidad que afecta a la aceptabilidad del agua potable (y de los alimentos preparados con ella), que pueda corromperse con la presencia de peces y otros organismos acuáticos, y anular la estética de las aguas de instalaciones de recreo. Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro,

materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores y sabores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones (APHA, AWWA y WPCF 1992).

La valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano en base al olor, sabor, color y turbidez, establece que "el examen organoléptico se realizará al menos dos veces por semana, siempre y cuando no se realice otro tipo de análisis en ese período" (Brull, Gutiérrez y Jiménez 2015).

En su forma pura, el agua no produce sensaciones olfativas. El olor en el agua puede utilizarse de manera subjetiva para describir cualitativamente su calidad, estado, procedencia o contenido. Aun cuando esta propiedad pueda tener un amplio espectro de posibilidades, para propósitos de calidad de aguas existen ciertos aromas característicos que tipifican algunas fuentes u orígenes, más o menos bien definidos (APHA, AWWA y WPCF 1992).

2.8.1.7 pH

El pH es una medida del potencial de iones de hidrógeno (H^+), indica la acidez o alcalinidad del agua. Las mediciones de pH se establecen frente a una escala de 0 a 14, tomado 7 como neutro. Los valores con un pH inferior a 7 se consideran ácidos. El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección (Pradillo 2016).

La medición del pH, de preferencia debe realizarse *in situ*, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de Dióxido de Carbono (CO_2), como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura. La variación del pH entre las mediciones en campo y las realizadas en laboratorio puede llegar hasta la unidad, a pesar de haberse efectuado el mismo día (Bonilla 2015).

2.8.1.8 Sólidos Totales Disueltos

Los sólidos totales disueltos (STD) describen la cantidad total de sólidos que están disueltos en el agua de un cuerpo receptor, estos están relacionados con la conductividad del agua ya

que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva; además, se relacionan con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso; dicho de otra forma, la mayoría de sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena se refiere a sólidos disueltos.

Los sólidos disueltos pueden ser orgánicos e inorgánicos, el agua incorpora estas sustancias a su paso por el suelo, la superficie y la atmosfera. Los constituyentes orgánicos provienen de la descomposición de la vegetación, de compuestos químicos orgánicos y de gases orgánicos (Bonilla 2015).

2.8.1.9 Sulfatos

Los sulfatos (SO_4^{2-}) después de los bicarbonatos, son los principales aniones presentes en el agua, los cuales pueden presentarse de manera natural, como consecuencia de descargas de aguas industriales y por la utilización de fertilizantes agrícolas. Cuando los sulfatos se presentan de manera natural es posible que su origen se deba a algún depósito natural de minerales o por depositación atmosférica (Coronado *et al.* 2009).

Los sulfatos suelen ser sales solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Diariamente ingerimos aproximadamente 500 mg de sulfatos.

Los sulfatos y otros iones como el magnesio o los fosfatos pueden actuar como laxantes cuando se ingieren en cantidades elevadas que superan la capacidad del intestino para absorberlos. Estudios con agua de grifo, con voluntarios humanos indicaban efecto laxante en concentraciones de 1,000-1,200 mg/l. Otros estudios han observado la aparición de diarrea en recién nacidos expuestos bruscamente a valores superiores a 650 mg/l de sulfatos. En adultos se pueden sentir efectos laxantes a partir de los 750 mg/l (GOIB s. f.).

2.8.1.10 Turbidez

La turbidez del agua se genera por la presencia de partículas en suspensión. La velocidad de sedimentación de las partículas pequeñas (menores al micrón de diámetro) es muy baja, por lo que requieren tratamiento para lograrla en tiempos útiles. Las mayores a un micrón sedimentan espontáneamente. Mientras algunas son de naturaleza inorgánica (arcillas, fangos

y óxidos minerales) que provienen de la erosión del suelo, otras son de naturaleza orgánica (bacterias, parásitos, algas, zooplancton, ácidos fúlvicos y coloides húmicos). Además de las fuentes naturales, las actividades humanas generan efluentes cargados de estas partículas y el aporte de otras sustancias que pueden combinarse con ellas (virus entéricos, contaminantes químicos, cloro, entre otros) tanto en el cuerpo de agua como en las plantas y redes de distribución (Azario *et al.* 2004).

Al revisar toda esta información, se hallaron asociaciones entre la incidencia de la gastroenteritis aguda y la turbidez del agua en más de 10 estudios, pero no siempre en casos de mayor turbidez. Aunque no hay una explicación clara para los patrones de las asociaciones, los resultados sugieren que la exposición al agua potable causó un número bajo, pero detectable, de casos de gastroenteritis aguda en las regiones y los períodos de tiempo estudiados.

Dado que la turbidez del agua es causada por material flotante, las partículas no disueltas en el agua podrían aportar protección a los patógenos frente a los tratamientos de desinfección. Además, la turbidez puede ser evidencia de desprendimientos en las fuentes de agua, que podrían contener no sólo sedimentos sino también patógenos (Higiene Ambiental 2019b).

2.8.1.11 Aluminio (Al)

El aluminio es uno de los elementos metálicos más abundantes en la corteza terrestre. Es liberado al medio por procesos naturales, erosión del suelo, erupciones volcánicas y por acciones antropogénicas. La mayor parte de la ingesta humana de aluminio proviene de la alimentación, a través de diferentes fuentes: por el contenido natural del metal en los alimentos, en el agua para cocinar y beber y por el uso de alimentos elaborados que contienen aluminio como sustancias conservadoras, leudantes y colorantes (Hernández y Trejo 2004).

Hay poca evidencia de que la ingesta oral de aluminio sea agudamente tóxica para los humanos. La relación positiva entre el aluminio en agua potable y la enfermedad de Alzheimer ha sido demostrada en varios estudios epidemiológicos y no puede ser descartada, ya que los riesgos de esta enfermedad por exposición a aluminio en agua potable arriba de 100 microgramos por litro, según lo determinan estos estudios, son bajos (Grupo EOZ 2016).

2.8.1.12 Arsénico (As)

El arsénico es un elemento muy tóxico. Los compuestos inorgánicos de arsénico pueden provocar una intoxicación aguda cuando el individuo está expuesto a una dosis elevada, tanto como única dosis o como dosis repetidas durante un corto plazo (no mayor a 24 horas). Estos efectos se manifiestan poco tiempo después de la ingestión (o inhalación) del compuesto. Los efectos más destacados de la intoxicación aguda por arsénico son náuseas, vómitos, diarrea, efectos cardiovasculares y encefalopatía. Las concentraciones de arsénico que se encuentran naturalmente en las aguas subterráneas no producen intoxicaciones agudas; sin embargo, pueden producir intoxicaciones crónicas debido a la ingesta, durante períodos de tiempo prolongados (años), de pequeñas cantidades de arsénico a través del agua y de alimentos cultivados o cocinados con esa agua.

La exposición crónica al arsénico ha sido asociada con una variedad de problemas de la salud, incluyendo varios tipos de cáncer (piel, pulmón, vejiga, hígado, riñón y próstata), enfermedades o efectos neurológicos, gastrointestinales, hematológicos, patologías perinatales y otras manifestaciones clínicas, inmunológicas, efectos vasculares, incluyendo infarto de miocardio, hipertensión, diabetes, aborto, bajo peso al nacer, hiperqueratosis e hiperpigmentación (Berardozzi *et al.* 2018).

2.8.1.13 Boro (B)

El boro es un elemento natural que se encuentra en océanos, rocas sedimentarias, carbón, esquistos y ciertos suelos. Es liberado al medioambiente desde los océanos, las actividades geotérmicas como los volcanes y vapores geotérmicos, y por la meteorización natural de rocas que contienen boro (IPCS 2000).

El boro es un elemento que puede tener distintos efectos dependiendo de la concentración que se encuentre en el medio ambiente, por esto se debe tener control de su contenido en el aire, suelo y agua; el boro no puede ser destruido en el ambiente, solamente puede cambiar de forma, adherirse o separarse de partículas en el suelo, el sedimento y el agua. La presencia de boro puede afectar al medio ambiente y las personas, aun cuando la contaminación en el aire y suelos es baja, se debe tener un control estricto del mismo. El problema de contaminación para el ambiente está en el agua, ya que las sales de boro que se introducen

en este líquido no solo pueden afectar al medio ambiente y a las personas por su consumo directo, sino por contaminar plantas y dañar la salud de animales.

La ingesta prolongada de boro (ingesta crónica de 8.8 mg B/kg*d) puede presentar problemas como: atrofia testicular, alteración de la espermatogénesis y disminución de la masa corporal. También se presentan efectos severos en la salud humana al tener una exposición a concentraciones elevadas durante cortos lapsos de tiempo (ingesta de 30 g B/d) como lo son: daño en estómago, intestinos, hígado, riñones y el cerebro; eventualmente puede causar la muerte a la persona. Las exposiciones más leves a boro, menores a 0.1 ppm en agua, 0.00005 mg B/m³ en el aire, 1.0 mg B/kg*d ingerido en alimentos, causa irritación en ojos, garganta, dolores de estómago, entre otros (López y Reyes 2012).

2.8.1.14 Cadmio (Cd)

El cadmio es liberado al suelo, al agua y al aire durante la extracción y refinación de metales no ferrosos, la manufactura y aplicación de abonos de fosfato, la combustión de combustibles fósiles y la disposición e incineración de basura. El cadmio puede acumularse en organismos acuáticos y en cosechas agrícolas.

El cadmio existe en forma de ión hidratado o como complejo iónico asociado a otras sustancias inorgánicas u orgánicas y puede transportarse a través del agua y del suelo, pero su movilidad depende de varios factores como el pH y la cantidad de materia orgánica, los que varían según el ambiente local. Generalmente, el cadmio se adhiere fuertemente a la materia orgánica en la cual permanece inmóvil en el suelo, puede entrar a la cadena alimentaria por medio de plantas y animales acuáticos (ATSDR 2012).

Ingerir alimentos o tomar agua con niveles de cadmio muy altos produce irritación grave del estómago, lo que produce vómitos y diarrea, y en ciertas ocasiones la muerte. Ingerir niveles de cadmio más bajos durante un período prolongado puede producir acumulación de cadmio en los riñones. Si se alcanza un nivel suficientemente alto, se producirá daño del riñón; también puede aumentar la fragilidad de los huesos de manera que se pueden quebrar fácilmente (ATSDR 2012).

2.8.1.15 Cobre (Cu)

El cobre generalmente se encuentra en la corteza terrestre como óxidos, sulfuros y rara vez en su estado metálico. Como consecuencia del contacto del agua con la corteza terrestre se puede encontrar sales de cobre disueltas en aguas superficiales y en los mantos subterráneos por la actividad industrial, usualmente en concentraciones menores a 20 µg/L; sin embargo, se pueden encontrar concentraciones más altas en puntos de uso de agua como resultado de la corrosión de las tuberías de latón y cobre.

El cobre no se considera un veneno acumulativo sistémico. Dosis orales de hasta 100 mg causan síntomas de gastroenteritis y náuseas. El envenenamiento por cobre en el agua se puede evitar ya que el sabor que este le aporta la hace fácil de identificar. Solo las personas con enfermedad de Wilson tienen el riesgo de los efectos tóxicos de este elemento debido a un desorden en su metabolismo que no les permite sintetizarlo (Carbotecnia 2020).

En informes de casos de seres humanos que intencional o accidentalmente ingieren altas concentraciones de sales de cobre (dosis no se conocen, pero se informa que aproximadamente de 20 a 70 gramos de cobre), se observó una progresión de síntomas que incluyen dolor abdominal, dolor de cabeza, náuseas, mareos, vómitos, diarrea, taquicardia, dificultad respiratoria, anemia hemolítica, hematuria, hemorragia gastrointestinal masiva, insuficiencia hepática, renal y la muerte (Alarcón 2014).

2.8.1.16 Cromo (Cr)

El cromo es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno.

El cromo (Cr) es un elemento que se encuentra de forma natural en rocas, plantas y suelos, en donde existe en combinación con otros elementos para formar diversos compuestos. En la industria, el cromo y sus compuestos tienen una gran variedad de aplicaciones que abarcan entre otras: procesos de curtido, pigmentos textiles, aleaciones, catalizadores, agentes anticorrosivos, baterías, fungicidas, recubrimientos metálicos, electrogalvanizados, entre

otros. Las aguas residuales procedentes de estos procesos están contaminadas con este metal, con el gran componente de riesgo medioambiental y para la salud humana que conlleva (Arauzo *et al.* 2003).

El cromo se encuentra presente en el agua y suelo principalmente en dos estados de oxidación: Cr (III) o Cr (VI), aunque también puede encontrarse como óxido de cromo, sulfato de cromo, trióxido de cromo, ácido crómico y dicromato. En presencia de materia orgánica, el Cr (VI) presente en aguas y suelos es reducido a Cr (III); sin embargo, las altas concentraciones del ión en estado hexavalente pueden sobrepasar esta capacidad de reducción, lo que impediría su adecuada eliminación. Presenta valencia tres (III) y seis (VI). En estado trivalente es esencial para los seres humanos, en los que promueve la acción de la insulina (González y Severiche 2013).

El Cr (III) se encuentra de manera natural en el cuerpo y es necesario para mantener un buen estado de salud, ya que ayuda al cuerpo a utilizar el azúcar, la grasa y las proteínas. El Cr (VI) es el más importante toxicológicamente, debido a que es mil veces más tóxico que el Cr (III). El Cr (VI) es un compuesto tóxico que se encuentra ocasionalmente en el agua, es una forma cancerígena del metal Cromo en estado de oxidación. Se le llama también Cromo hexavalente, no tiene olor ni sabor y puede ser encontrado en forma natural en rocas, suelo y plantas (González y Severiche 2013).

2.8.1.17 Hierro (Fe)

El hierro es una sustancia no deseable en el agua desde el punto de vista estético, ya que los niveles altos de este le proporcionan sabores metálicos al agua, da compuestos coloreados con el cloro. El hierro en los suministros de aguas procedentes del subsuelo en zonas rurales es muy frecuente, los niveles de concentración van entre 0 a 50 mg/L. El hierro se presenta de manera natural en acuíferos, pero los niveles de aguas subterráneas pueden aumentar por disolución de rocas ferrosas. Las aguas subterráneas que tienen hierro son normalmente de color naranja, además de un sabor desagradable (Herrera 2012).

Fuentes y Tenorio (2014) dicen que el contenido de hierro total en una muestra de agua natural está directamente relacionado con la turbidez del agua, mientras más alta sea la turbidez más alto va a dar el contenido de hierro presente en la muestra que se está analizando. Dichos

autores afirman que el consumo humano de agua con hierro no tiene efectos nocivos para la salud.

2.8.1.18 Manganeseo (Mn)

El manganeseo es un metal de transición blanco grisáceo, parecido al hierro. Es un metal duro y muy frágil, refractario y fácilmente oxidable. El manganeseo llega al agua a través del contacto con el suelo o formaciones rocosas. Genera manchas en la ropa y en los artefactos sanitarios, de color pardo oscuro si esta junto con el hierro, es negro si el manganeseo está solo en forma de óxido de manganeseo. Al contacto con el oxígeno puede precipitar, formando turbidez desagradable de óxidos solubles que generan depósitos coloreados en los sistemas de distribución; además, su presencia puede causar sabor desagradable (Alfaro 2017).

2.8.1.19 Mercurio (Hg)

El mercurio se conoce desde la antigüedad más remota. El mercurio elemental es el único metal líquido a temperatura ambiente y posee una presión de vapor relativamente alta por lo que pasa fácilmente a la atmosfera. Los usos del mercurio han disminuido en las últimas décadas, siendo la preocupación por sus efectos tóxicos lo que motiva a reducir sus usos y aplicaciones (Herrera 2012).

Los principales problemas que tiene el ingerir mercurio son los siguientes: puede dañar el sistema nervioso, los riñones, el estómago y los intestinos, produciendo nauseas, diarrea o úlceras si se ingieren altas cantidades (ATSDR 1999).

2.8.1.20 Níquel (Ni)

Muchas sales de este elemento son bastante solubles en agua, pero en general, los niveles medios de níquel en agua superficiales no superan los 5-10 ug/l; pero, se pueden medir concentraciones del orden de 1 mg/l en algunos casos. En aguas subterráneas las concentraciones pueden ser más altas (UJA 2005).

Los vapores y el polvo de sulfuro de níquel (NiS) se sospechan que son cancerígenos. El carbonilo de níquel $\text{Ni}(\text{CO})_4$ generado durante el proceso de obtención del metal es un gas extremadamente toxico. No se conocen casos de intoxicación siempre que este proceda de

fuentes naturales. Muchas sales de níquel son solubles en el agua, por lo que puede dar origen a la contaminación de este recurso (Molina 2013).

2.8.1.21 Plomo (Pb)

El plomo es un elemento que no se encuentra naturalmente en el cuerpo humano, es acumulativo y tóxico, 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 de material de tuberías o soldaduras, especialmente en zonas cuyas aguas son blancas y ácidas, y la inhalación de humo y partículas generadas en combustiones industriales o el tráfico (Herrera 2012).

Los niños, recién nacidos y fetos son los más vulnerables al plomo dado que los efectos físicos y de comportamiento se producen en menores niveles de exposición que en los adultos. Los bajos niveles de plomo en la sangre de los niños pueden causar los siguientes problemas: de conducta y aprendizaje, coeficiente intelectual (IQ) deficiente e hiperactividad, crecimiento tardío y problemas de audición; en los adultos puede causar: efectos cardiovasculares, presión arterial elevada e incidencia de hipertensión, disminución de la función renal y problemas de reproducción (tanto en hombres como en mujeres) (EPA 2017).

El organismo acumula plomo durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir, con el transcurso del tiempo, una intoxicación, pues de la carga corporal total de plomo depende el riesgo de efectos adversos. Los efectos biológicos del plomo son los mismos independientemente de que entre en el organismo por inhalación o ingestión. El plomo interfiere con la función celular normal y con varios procesos fisiológicos. Los principales efectos son: efectos neurológicos (intoxicación del sistema nervioso), efectos hematológicos, inhibe la capacidad del organismo para producir hemoglobina al interferir con varios pasos enzimáticos en la vía metabólica del grupo "hemo", efectos endocrinos, existe una correlación inversa entre los niveles de plomo y los niveles de vitamina D; efectos renales, compite con los metales esenciales, especialmente el calcio y el zinc en sus sitios e inserción (Araujo 2010).

2.8.1.22 Zinc

Abundantemente distribuido en la naturaleza asociado a sulfuros de otros metales (Fe, Cu, Cd, Pb). Su presencia en aguas naturales (superficiales y subterráneas) es rara, pudiendo encontrarse en forma inorgánico, iónica o coloidal, siendo las especies más frecuentes Zn^{2+} , $Zn(OH)^+$ y $ZnCl_3^-$. Sus compuestos poco solubles (hidróxidos y carbonatos) tienen capacidad de absorberse fuertemente sobre sedimentos y lodos del fondo del lecho de los cursos hídricos.

Elemento muy esencial para las personas, se encuentra en aminoácidos y en numerosas enzimas que intervienen en digestión de proteínas, metabolismo del etanol, metabolismo del Ca y P, entre otras. El zinc influye en el crecimiento, desarrollo encefálico, conducta, reproducción, funciones sensitivas, inmunoresistencia, actúa potenciando la insulina, entre otros. Sin ser tóxico a dosis altas y dado que se suele dar asociación al cadmio (elemento muy tóxico), su incremento en un acuífero puede informar sobre una potencial presencia indeseable del segundo en el agua (UJA 2005).

2.8.2 Contaminación microbiológica

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarrea, disentería, hepatitis A, fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Esto es cierto en el caso de los centros sanitarios en los que tanto los pacientes como los profesionales quedan expuestos a mayores riesgos de infección y enfermedad cuando no existen servicios de suministro de agua, saneamiento e higiene (OMS 2018).

En muchas partes del mundo, los insectos que viven o se crían en el agua son portadores y transmisores de enfermedades como el dengue. Algunos de estos insectos, denominados vectores, crecen en el agua limpia, y los contenedores domésticos de agua de bebida pueden servir como lugares de cría. Tan solo con cubrir los contenedores de agua es posible reducir la cría de vectores y reducir también la contaminación fecal del agua en el ámbito doméstico (OMS 2018).

2.8.2.1 Bacterias Coliformes Totales

El grupo de bacterias coliformes es el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se usa como criterio de contaminación y por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma. Estas bacterias son adecuadas como indicadores porque son habitantes comunes del tracto intestinal, tanto de las personas como de los animales de sangre caliente, donde están presentes en grandes cantidades (Laínez y Trejo 2012).

Las principales fuentes de contaminación son las siguientes: vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y parques, goteos de aguas de aves y aplicación a la tierra de residuos de animales (Medina y Velásquez 2015).

2.8.2.2 *Escherichia coli*

Escherichia coli es un subgrupo de bacterias coliformes fecales. Este tipo de bacterias se encuentran en grandes cantidades en los intestinos de las personas y los animales de sangre caliente.

La presencia de *Escherichia coli* en el agua es una fuerte de indicación de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales. Es importante tener en cuenta que *Escherichia coli* y los residuos de animales/humanos pueden entrar en el agua de muchas maneras diferentes, por ejemplo: durante la lluvia, a través de la fauna silvestre, fosas sépticas defectuosas o por prácticas locales de uso de suelo (estiércol utilizado como fertilizante y la presencia de ganado).

Escherichia coli puede presentar diversas cepas que causan enfermedades en los seres humanos como: diarrea, diarreas acuosas o con sangre, a veces puede haber daño de los riñones, disentería, diarrea acompañada de fiebre (Rivera y Rock 2014).

2.8.2.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa es una bacteria Gram-negativa, aeróbica, con motilidad unipolar. Se encuentra en el suelo y agua; prolifera en ambientes húmedos, es altamente resistente al cloro y es un patógeno oportunista. La presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en agua puede

ser debido a la mala conservación de la fuente de agua, contaminación del mismo suelo (Laínez y Trejo 2012).

Debido a que *Pseudomonas aeruginosa* es un organismo ubicuo (que está generalmente en todas partes), la mayoría de personas están en contacto diariamente con esa bacteria, solo presenta un riesgo sanitario para las personas cuyo sistema inmunológico es deficiente. A este tipo de bacterias se les denomina patógenos oportunistas ya que inusualmente originan enfermedades en individuos sanos.

Pseudomonas aeruginosa tiene la habilidad de causar daños a distintos órganos del cuerpo y con diversos grados de severidad según las características del organismo hospedador. En la mayoría de casos en que se produce una infección se debe a una pérdida de la integridad de las barreras físicas de defensa del organismo, como la piel o las membranas mucosas, o a la existencia de una deficiencia en el sistema inmune. Las personas más vulnerables a ser afectadas con mayor severidad por la presencia de esta bacteria en el agua son los pacientes con fibrosis quística, personas con diabetes, enfermos de cáncer en estado de neutropenia y heridos con quemaduras severas (Martín 2004).

2.9 Determinación de parámetros

2.9.1. Determinación de parámetros físico-químicos

2.9.1.1 Determinación de la dureza del agua

Se realiza a través del método complejo métrico, el cual se fundamenta en el total de iones calcio y magnesio disueltos en una muestra de agua, se titula con solución EDTA, que reacciona primero con iones Ca^{2+} presente en el complejo que forma este ion con el indicador Negro de Eriocromo (NET), que es un ácido tribásico; que forma complejos solubles coloreados con los iones calcio y magnesio.

2.9.1.2 Determinación de Sulfatos

Los sulfatos pueden ser determinados a través del método volumétrico, se fundamenta en que el sulfato se precipita en medio ácido (ácido clorhídrico) como sulfato de bario (BaSO_4) cuando se agrega solución de cloruro de bario. La precipitación se realiza a una temperatura cercana

al punto de ebullición, después de un periodo de digestión, el precipitado se lava con agua caliente libre de cloruro, se seca, calcina y pesa como BaSO_4 .

2.9.1.3 Determinación de turbidez

Se determina por medio del método nefelométrico, se fundamenta en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Acevedo *et al.* 2013).

2.9.1.4 Determinación de boro, cianuro, aluminio, color aparente, nitratos y nitritos

Se realiza por medio del método fotométrico, el cual se basa en que, por medio de reactivos, el componente de una muestra a analizar se convierte en un compuesto coloreado en una reacción específica. Los reactivos o mezclas de reactivos contienen (además del reactivo selectivo para un parámetro a determinar) un determinado número de sustancias auxiliares que son esenciales para el curso de la reacción, éstos incluyen, por ejemplo, soluciones amortiguadoras para ajustar el pH al valor óptimo para la reacción y agentes que suprimen o minimizan la influencia de iones interferentes (UNAM 2009).

2.9.1.5 Determinación de metales pesados

Los metales pesados: arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc se determinan por el método de Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA). Este método permite determinar la concentración de un elemento particular en una muestra y tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes (Rocha 2000).

2.9.1.6 Determinación de mercurio

Se realiza por medio del método de Electrodo de Ión Selectivo. El electrodo posee una membrana ión selectiva, responde al contacto con un determinado ión disuelto en la solución y la diferencia de potencial generada a cada lado de la membrana se utiliza para medir la

concentración del ión en la solución estudiada. El electrodo ión selectivo debe estar inmerso en la solución acuosa que contiene el ión que se desea medir y en la misma solución estará también inmerso el electrodo de referencia. Para completar el circuito electroquímico ambos electrodos se conectan a un mini voltímetro, muy sensible, usando cables especiales de baja interferencia. Cuando el ión a medir atraviesa la membrana ión selectiva del electrodo, debido al gradiente de concentración, genera una diferencia de potencial que es medida. A mayor diferencia de potencial generada, mayor es la concentración del ión en la solución (Carmona y Velázquez 2017)

2.9.2 Determinación de parámetros microbiológicos

2.9.2.1 Determinación de Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*

Se realiza por medio del método Colilert, se fundamenta por la detección de coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en un periodo de 24 horas. Colilert Quanti-Tray es una prueba diseñada específicamente para el recuento NMP (Número Más Probables) de *E. coli*, bacterias coliformes y *Pseudomonas aeruginosa*, a partir de agua potable u otras aguas de características similares, ya sea tratada o sin tratar. Se basa en la tecnología de sustrato. Cuando las bacterias coliformes metabolizan el nutriente indicador el color de la muestra se vuelve amarillo. Cuando *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa* metabolizan un segundo nutriente la muestra emite fluorescencia con luz ultravioleta (UV). Colilert permite la detección simultánea de estas bacterias en 24 horas (Vinuesa 2015).

2.10 Efectos de la contaminación del agua en la salud humana

El acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene sin riesgos podría evitar que muchas personas sufran enfermedades. Se calcula que las enfermedades diarreicas causan alrededor del 3.6% del total de los años de vida ajustados en función de la discapacidad debido a enfermedades y causan 1,5 millones de fallecimientos cada año. De acuerdo con las estimaciones, el 58% de esa carga de enfermedad (842,000 muertes anuales) se debe a la ausencia de agua salubre y a un saneamiento e higiene deficientes, e incluye 361,000 fallecimiento de niños menores de 5 años, la mayor parte de ellos en países de ingresos bajos (OMS 2017).

Algunas de las enfermedades causadas por la ingestión de agua contaminada son:

- **Diarrea:** el cólera es una infección diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminada con la bacteria *Vibrio cholerae*. El cólera sigue siendo una amenaza global para la salud pública y un indicador de inequidad y falta de desarrollo social.
- **Arsenicosis:** el arsénico soluble es extremadamente tóxico. La ingesta de arsénico inorgánico durante un periodo prolongado puede conducir a una intoxicación crónica, a esta intoxicación se le denomina arsenicosis. La exposición humana a niveles elevados de arsénico inorgánico se produce por la ingesta de agua subterránea que contiene niveles de arsénico altos, alimentos preparados con esta agua y cultivos regados con fuentes de agua con alto grado de arsénico.
- **Ingesta de mercurio.** El mercurio es un elemento natural que se encuentra en el aire, agua y suelo. Puede tener efectos tóxicos en el sistema nervioso, digestivo e inmune, y en los pulmones, riñones, piel y ojos (OMS 2017).

2.11 Salud pública

La salud pública es la ciencia y el arte de prevenir las enfermedades, prolongar la vida y fomentar la salud y la eficiencia física mediante esfuerzos organizados de la comunidad para sanear el medio ambiente, controlar las infecciones de la comunidad y educar al individuo en cuanto a los principios de la higiene personal, organizar servicios médicos y de enfermería para el diagnóstico precoz y el tratamiento preventivo de las enfermedades. La salud pública contribuye al conocimiento a través de la investigación y la aplicación de las ciencias poblacionales y sociales a los problemas de salud de individuos y poblaciones (Hernández *et al* 2005).

2.11.1 Importancia de la salud pública

La salud es definida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS 2018).

El agua salubre y fácilmente accesible es importante para la salud pública, ya sea que se utilice para beber, uso doméstico, producir alimentos o para fines recreativos. La mejora del abastecimiento de agua, del saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede

impulsar el crecimiento económico de los países y contribuir en gran medida a la reducción de la pobreza (OMS y UNICEF 2015).

En 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al abastecimiento de agua y al saneamiento. Todas las personas tienen derecho a disponer de forma continuada de agua suficiente, salubre, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable, para uso personal y doméstico (OMS y UNICEF 2015).

2.11.2 Servicios de suministro de agua potable

La meta 6.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible consiste en lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible. El seguimiento de la meta se realiza mediante el indicador de “servicios de suministro de agua potable gestionados de manera segura”, es decir, agua potable procedente de una fuente mejorada de suministro de agua ubicada en el lugar de uso, disponible cuando se necesita y que no contenga contaminación fecal ni de sustancias químicas prioritarias (OMS 2019).

El agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarreas, disentería, hepatitis A, poliomielitis y la fiebre tifoidea. Los servicios de agua y saneamiento inexistentes, insuficientes o gestionados de forma inapropiada exponen a la población a riesgos prevenibles para su salud. Como autoridad internacional en materia de salud pública y calidad del agua, la OMS encabeza los esfuerzos mundiales por prevenir la transmisión de enfermedades por el agua y asesora a los gobiernos acerca del desarrollo de metas y normativas relacionadas con la salud (OMS 2019).

2.11.3 Protección de la salud pública

El Ministerio de Salud Pública debe de asesorar a las instituciones responsables del suministro del recurso hídrico, ya que es la instancia nacional responsable de vigilar y autorizar los sistemas de agua potable (pozos, tratamiento, capacitaciones y mantenimiento), ofrecidos por los diferentes abastecedores (ANDA, juntas de agua, comités de agua residenciales, entre otros), a fin de garantizar la calidad del agua de consumo humano. Para mejorar el sistema de abastecimiento de agua se debe de elaborar un Plan de Seguridad del Agua (PSA) (MINSAL 2008).

El PSA es un plan (o varios planes realizados por los abastecedores de agua) documentado que identifica posibles riesgos desde la captación de agua hasta el consumidor, los precisa, prioriza e implementa medidas de control para mitigarlos. Este plan se complementa con procesos para verificar la efectividad de los sistemas de control aplicados y la calidad del agua producida, permitiendo el aseguramiento sostenido de la calidad del sistema de abastecimiento de agua de bebida en todas sus etapas, los que son fundamentales para obtener agua segura, proteger la salud y apoyar el desarrollo de la comunidad (MINSAL 2008).

2.12 Marco Legal

2.12.1 Código de Salud

La Asamblea Legislativa en el decreto N° 955, del 30 de abril de 2020, publicado por el Diario Oficial Tomo N° 427, dice:

Art. 1.- El presente Código tiene por objeto desarrollar los principios constitucionales relacionados con la salud pública y asistencia social de los habitantes de la República y las normas para la organización, funcionamiento y facultades del Consejo Superior de Salud Pública, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y demás organismos del Estado, servicios de salud privados y las relaciones de éstos entre sí en el ejercicio de las profesiones relativas a la salud del pueblo.

Donde en la sección siete dice:

Art 56: el ministerio, de los organismos regionales, departamentales y locales de salud desarrollará programas de saneamiento ambiental, encaminados a lograr para las comunidades:

- a) El abastecimiento del agua potable (Asamblea Legislativa de la República de El Salvador 1988).

Según el código de salud en la sección ocho dedicada al agua potable dice:

- Art. 61: Las ciudades y poblaciones urbanas deberán estar dotadas de servicio de agua potable y cuando no los tengan, el Estado de acuerdo a sus recursos y conforme a los planes respectivos, se los proveerá por medio de los organismos especializados correspondientes.
- Art. 62: En las áreas rurales, el Estado estimulara a los pobladores para la creación, funcionamiento y mantenimiento de acueductos dando al respecto la asistencia técnica que sea necesaria y la ayuda económica posible, de acuerdo a sus recursos.

- Art. 63: El agua destinada para el consumo humano deberá tener la calidad sanitaria que el Ministerio conceptúa como buena y exigirá el cumplimiento de las normas de calidad en todos los abastecimientos de agua utilizadas para el consumo humano.
- En tal virtud y para determinar periódicamente su potabilidad los propietarios o encargados de ellos permitirán las inspecciones del caso.
- Art. 65: Un reglamento determinará las condiciones técnicas y legales de los servicios de agua potable, así como la calidad de la misma (Asamblea Legislativa 1988).

2.12.2 Ley de Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

Art. 2.-A.N.D.A. tendrá por objeto proveer y ayudar a proveer a los habitantes de la Republica de “Acueductos” y “Alcantarillados”, mediante la planificación, financiación, ejecución, operación, mantenimiento, administración y explotación de las obras necesarias o convenientes.

Para los fines de esta Ley, se entiende por Acueducto el conjunto o sistema de fuentes de abastecimiento, obras, instalaciones y servicios, que tienen por objeto el proveimiento de agua potable; tal conjunto o sistema comprende: las fuentes de abastecimiento, provengan estas de superficiales o subterráneas; las plantas de tratamiento y bombeo; los tanques de almacenamiento y de distribución; las tuberías con sus accesorios, válvulas, hidrantes, etc. (Corte Suprema de Justicia de El Salvador 1980).

2.12.3 Inspectores de salud ambiental o saneamiento ambiental

La misión del Inspector Técnico de Salud Ambiental es realizar acciones de inspección, promoción, organización y capacitación de saneamiento ambiental a nivel comunal, a fin de disminuir los riesgos ambientales que afectan la salud de la población y el medio ambiente para mejoramiento y fortalecimiento de la calidad de vida de las personas, familia y comunidad (MINSAL 2014).

Algunas funciones del Inspector son:

- Inspeccionar fuentes de abastecimiento de agua potable, sistemas de desinfección del agua, tanques de almacenamiento y distribución, redes de distribución de agua, playas, balnearios, viviendas sin letrinas, viviendas colectivas con número insuficiente de servicios

sanitarios, establecimientos que procesan y distribuyen alimentos, viviendas con derrame de aguas servidas.

- Tomar muestras de agua para análisis bacteriológicos, físico químico y lecturas de cloro residual, efectuando acciones para desinfectar pozos y cisternas.
- Coordinar con las autoridades locales y organizar las comunidades para ejecutar proyectos de infraestructura en salud, así como campañas de limpieza, vacunación canina, control larvario de zancudos y de cloración de aguas de consumo (MINSAL 2014).

2.12.4 Hogares con abastecimiento de agua potable

Los hogares que cuentan con acceso al servicio de agua por cañería a nivel nacional son el 89.7% (que incluye cañería dentro y fuera de la vivienda, tubería por poliducto en buen estado, cañería pero no le cae por más de un mes, cañería del vecino, pila, chorro público o cantarera, chorro común y acarreo). Los que se abastecen con agua de pozo representan el 5.4%, mientras los que lo hacen mediante otros medios representan el 4.8% (incluye hogares que se abastecen de ojo de agua, río o quebrada, camión, carreta o pipa, manantial protegido y no protegido, colecta agua lluvia y otros medios). Por otra parte, los hogares en viviendas con tenencia de agua por cañería son el 81.1% (que incluye cañería dentro y fuera de la vivienda, tubería por poliducto en buen estado, tiene pero no le cae por más de un mes) (DIGESTYC 2020).

El 96.3% de los hogares del área urbana cuentan con acceso al agua por cañería, el 2.3% se abastece con agua de pozo y el 1.4% se abastece con otros medios. En cuanto a la tenencia de agua por cañería es del 89.2% en lo urbano (DIGESTYC 2020).

En contraste, en el área rural solo el 78.4% de los hogares cuenta con acceso al servicio de agua por cañería, mientras que el 10.8% se abastece con agua de pozo y el 10.7% lo hace mediante otros medios; los hogares con tenencia de agua por cañería son el 67.3% (DIGESTYC 2020).

El 97.7% de los hogares del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) cuentan con el acceso al agua por cañería. Los que se abastecen con agua de pozo es el 0.6% y el 1.7% por otros medios. Los hogares con tenencia de agua por cañería son el 92.1% (DIGESTYC 2020).

En 2012, según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, un 23.7% de los hogares rurales y un 12.6% de los hogares urbanos todavía no contaban con agua segura, pues se abastecían de fuentes “no mejoradas”. Se trata de más de 200,000 hogares: 131,890 rurales y 73,239 urbanos (cuadro 1) (MARN 2013).

Cuadro 1. Número y porcentaje de hogares con servicio de agua en El Salvador (2012).

Descripción	Número de hogares			Porcentaje		
	Total nacional	Urbano	Rural	Total nacional	Urbano	Rural
Cañería dentro y fuera de vivienda	1218,104	905,373	312,731	74.8%	84.5%	56.1%
Otra fuente mejorada	204,873	92,470	112,403	12.6%	8.6%	20.2%
Pozo protegido (cubierto)	72,031	21,412	50,619	4.4%	2.0%	9.1%
Cañería de vecino	70,240	39,218	31,022	4.3%	3.7%	5.6%
Pila, chorro público o cantarera	44,155	25,276	18,879	2.7%	2.4%	3.4%
Manantial protegido	5,313	158	5,156	0.3%	0.0%	0.9%
Colecta de agua lluvia	13,133	6,406	6,727	0.8%	0.6%	1.2%
Fuente de agua no mejorada	205,129	73,239	131,890	12.6%	6.8%	23.7%
Pozo con tubería	39,151	18,068	131,890	2.4%	1.7%	3.8%
Pozo no protegido	15,949	3,220	12,729	1.0%	0.3%	2.3%
Acarreo cañería de vecino	44,205	20,468	23,737	2.7%	1.9%	4.3%
Camión, carreta o pipa	34,646	21,650	12,996	2.1%	2.0%	2.3%
Ojo de agua, río o quebrada	62,653	7,258	55,395	3.8%	0.7%	9.9%
Manantial no protegido	3,547	405	3,141	0.2%	0.0%	0.6%
Otros medios	4,978	2,170	2,808	0.3%	0.2%	0.5%
TOTAL	1628,106	1071,0082	557,024	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: DIGESTYC (2013).

En 2012, según la Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples, 72,031 de los hogares salvadoreños cuentan con pozos protegidos, de los cuales representan un 9.1% de los hogares con servicio de agua, asimismo existe un 6.1% de fuentes de agua no mejoradas, las cuales 39,151 hogares tienen pozos con tubería y 15,949 poseen pozos no protegidos. Estas cifras dan una idea del esfuerzo que el país todavía tiene que realizar para que toda la población tenga agua segura para todos.

2.13. Documentos regulatorios

Los documentos regulatorios utilizados de referencia en el agua para consumo humano son: el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”; y la Norma Salvadoreña Obligatoria “NSO 13.07.02:08. Agua. Agua Envasada”.

2.14. Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”

Este reglamento tiene por objeto establecer los límites permisibles de los parámetros microbiológicos, físicos, químicos y radiológicos que debe cumplir el agua para consumo humano (cuadro 2). Aplica a toda persona natural o jurídica que administra, abastece y opera un sistema de abastecimiento de agua de consumo humano sea público, privado o mixto (MINSAL-OSARTEC 2018).

Cuadro 2. Límite Máximo Permissible (LMP) de parámetros de agua de consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permitido
Bacterias Coliformes Totales	Número más probable (NMP)	<1.1 NMP/100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Número más probable (NMP)	<1.1 NMP/100 mL
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ¹	Número más probable (NMP)	<1.1 NMP/100 mL
Cianuro	mg/L	0.07
Color aparente	Pt-Co	15
Dureza	mg/L	500
Nitratos	mg/L	50
Nitritos	mg/L	3
Olor	-	No rechazable
pH	-	6.0-8.5
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L	250
Turbidez	Unidad Nefelométrica de Turbidez (UNT)	5
Aluminio (Al)	mg/L	0.2
Arsénico (As)	mg/L	0.01
Boro (B)	mg/L	2.4
Cadmio (Cd)	mg/L	0.003
Cobre (Cu)	mg/L	2
Cromo (Cr)	mg/L	0.05
Hierro (Fe)	mg/L	0.3
Manganeso (Mn)	mg/L	0.1
Mercurio (Hg)	mg/L	0.006
Níquel (Ni)	mg/L	0.07
Plomo (Pb)	mg/L	0.01
Zinc (Zn)	mg/L	4.0

¹El LMP del parámetro microbiológico *P. aeruginosa* ha sido tomado de la Norma Salvadoreña Obligatoria “NSO 13.07.02:08. Agua. Agua Envasada” (2009).

Fuente: MINSAL-OSARTEC (2018).

3 Materiales y Métodos

3.1 Ubicación de la investigación

La investigación se realizó en el periodo de septiembre 2019 a enero de 2020, en los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervedor, del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador, ubicados aproximadamente a una altura de 36 metros sobre el nivel del mar y con temperaturas desde los 26° C hasta un promedio de 36° C (DB-CITY 2019).

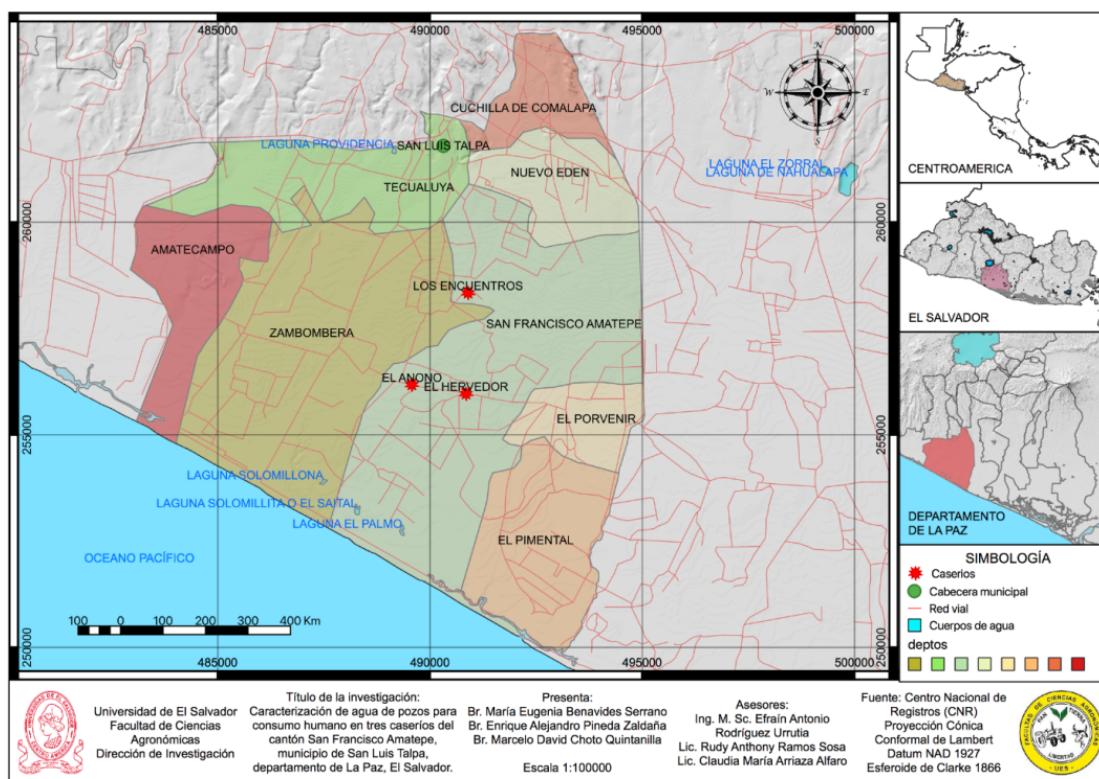


Figura 1. Ubicación de los caseríos donde se realizó la investigación.

3.2 Metodología de campo

Se realizó una visita de campo con el propósito de conocer las condiciones sociales y ambientales de las comunidades, ubicar los pozos de agua en donde se realizaría el muestreo de agua para su análisis (anexo 1), y socializar con los pobladores sobre los objetivos del estudio y la implementación de un cuestionario en el cual se utilizaran las técnicas de encuesta y la entrevista, a fin de conocer las actividades de uso y manejo del agua y el suelo y de tener

un diagnóstico representativo del recurso hídrico de las comunidades incorporadas en la investigación.

Para la caracterización del agua se seleccionaron al azar seis pozos ubicados en igual número de viviendas, dos pozos o unidades experimentales por cada uno de los caseríos en estudio, se obtuvieron las muestras de agua cada dos meses durante cinco meses para los parámetros microbiológicos, y dos veces para los parámetros físico-químicos, en el primero y en el quinto mes.

Además, se hicieron análisis microbiológicos dos pozos comunitarios, un pozo (Bomba 1) ubicado en el caserío El Hervedor (anexo 2) que tiene una profundidad de 6 m y posee un sistema de agua filtrada y otro pozo, en el caserío El Anono (Bomba 2) el cual tiene una profundidad de 50 m, y es de tipo martillo (anexo 3).

Antes de tomar las muestras de agua para los análisis de parámetros físico-químicos, los frascos de polietileno (1.0 l) se enjuagaron o desinfectaron (anexo 4) con agua destilada. Asimismo, los recipientes utilizados para el muestreo de agua para los análisis microbiológicos (100 mL) fueron esterilizados y sellados (anexo 5), y los sellos, se quitaron en el preciso momento del llenado de la muestra.

En la mayoría de los pozos la muestra de agua se tomó del grifo (anexo 6). A excepción del pozo número 3, la muestra se obtuvo por medio de una cubeta atada a un soporte (anexo 7) que se sumergió en el fondo del pozo para extraer el agua y posteriormente, enjuagar y llenar cada recipiente.

Los frascos fueron identificados con una etiqueta que contenía los datos siguientes: número de muestra; propietario del pozo; nombre del responsable, fecha y hora en que se tomó la muestra (anexo 8). Después de tomar las muestras, estas fueron almacenadas y transportadas inmediatamente en hieleras con bloques de hielo refrigerantes, con el propósito de mantener la temperatura de 4° C y la cadena de frío, y por consiguiente conservar la viabilidad de cada muestra de agua por períodos mayores a seis horas (anexo 9).

En cada pozo seleccionado *in situ* se analizaron los siguientes parámetros físico-químicos: olor, se realizó organolépticamente por medio de una sonda multiparamétrica; pH, Sólidos Totales Disueltos y temperatura (anexo 10). Estos parámetros han sido analizados en campo debido a que al ser extraídos de su fuente de abastecimiento son afectados por el ambiente, modificando su valor real.

3.3 Metodología de laboratorio

Con el fin de analizar y determinar los parámetros físico-químicos y microbiológicos, las muestras de agua fueron trasladadas a tres diferentes laboratorios, debido a que no se tiene un solo laboratorio donde se pueden realizar la determinación de todos los parámetros.

Las muestras de agua recolectadas para los análisis de parámetros microbiológicos fueron transportadas hacia el Centro de Investigación y Desarrollo (CIDE) del Centro de Formación Integral de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (CFI-ANDA) en San Salvador (anexo 11), en donde se realizaron los análisis de Bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*, por medio del método de tubos múltiples, determinando el Número Más Probable (NMP) en 100 mL de muestra.

Las muestras de agua recolectadas para los análisis de parámetros físico-químicos se transportaron hacia el laboratorio del departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas (anexo 12) y al Laboratorio Físico-químico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, ambos de la Universidad de El Salvador.

En el laboratorio del departamento de Química Agrícola se realizaron los análisis de: dureza, turbidez, sulfatos, arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn); y en el Laboratorio Físico-químico de Aguas se analizó: cianuro, nitratos, nitritos, aluminio (Al), boro (B), mercurio (Hg) y color verdadero.

3.3.1 Determinación de bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*

Estas se determinaron cuantificando el Número Más Probable (NMP) en 100 mL de muestra a través del método de tubos múltiples.

El procedimiento para determinar Coliformes Totales y *Escherichia coli* en las muestras de agua de pozo fue el siguiente: las muestras se recibieron en el laboratorio, y se les adicionó el sustrato (cromogénico Ortonitrofenil β -D galactopiranosida y fluorogénico 4-Metilumbelliferyl- β -D-Glucoronide), se mezcló para que se disolviera por completo, luego se colocó la muestra dentro de la charola Quanti-Tray, posterior a esto se sellaron las charolas con calor y se identificaron las muestras con la fecha, hora y número de muestra (ID), luego se introdujeron a la incubadora a una temperatura de 35° C, al finalizar 24 horas se realizó la lectura, determinando primero la presencia y ausencia de Coliformes Totales, observando el viraje de color de la muestra a amarillo y luego cuantificando el Número Más Probables de las mismas. Con ayuda de luz ultravioleta (UV) se verificó la presencia o ausencia de *Escherichia coli*, observando el viraje de color a azul con fluorescencia, para su posterior cuantificado de Número Más Probable.

El procedimiento para analizar *Pseudomonas aeruginosa* fue el siguiente: al recibir la muestra de agua en el laboratorio se le agregó el sustrato (cromogénico Ortonitrofenil β -D galactopiranosida y fluorogénico 4-Metilumbelliferyl- β -D-Glucoronide) y la muestra se volvió amarilla, luego se tapó el frasco y se agitó hasta disolver por completo el reactivo, a continuación, se abrió y se añadieron dos gotas de solución antiespumante.

Se vertió la muestra en una charola Quanti-Tray y posteriormente se selló con calor identificándola con la hora, fecha y número de muestra (ID), para luego incubarla a una temperatura de 38° C por 24 horas, luego se verificó con ayuda de luz ultravioleta (UV) si la muestra contenía *Pseudomonas aeruginosa* y se cuantificaron según el método en unidades de Número Más Probable, observando el número de pocillos grandes y pequeños con fluorescencia azul.

3.3.2 Determinación de boro, cianuro, aluminio, color aparente, nitratos y nitritos

Se realizó por medio del método fotométrico, el cual se basa en que, por medio de reactivos, el componente de una muestra a analizar se convierte en un compuesto coloreado en una reacción específica. Los reactivos o mezclas de reactivos contienen (además del reactivo selectivo para un parámetro a determinar) un determinado número de sustancias auxiliares que son esenciales para el curso de la reacción, éstos incluyen, por ejemplo, soluciones

amortiguadoras para ajustar el pH al valor óptimo para la reacción y agentes que suprimen o minimizan la influencia de iones interferentes (UNAM 2009).

3.3.3 Determinación de la dureza del agua

Se realizó a través del método complejo métrico, el cual se fundamenta en el total de iones calcio y magnesio disueltos en una muestra de agua, se titula con solución EDTA, que reacciona primero con iones Ca^{2+} presente en el complejo que forma este ion con el indicador Negro de Eriocromo (NET), que es un ácido tribásico; que forma complejos solubles coloreados con los iones calcio y magnesio.

El procedimiento para analizar la dureza del agua fue el siguiente: se midió con pipeta volumétrica 25 mL de la muestra de agua, luego se colocó en un erlenmeyer de 250 mL; se añadió 6 mL de solución reguladora ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$); el pH debe ser de 10 ± 0.1 (debe añadirse siempre antes del indicador, para evitar reacciones del indicador con el hierro); se agregó siete gotas de indicador NET (debe evitarse añadir demasiado indicador a soluciones diluidas, de lo contrario el cambio en el punto final será demasiado gradual).

Se llenó la bureta con la solución EDTA, teniendo cuidado de lavarla con pequeñas porciones de dicha solución, se eliminaron las burbujas y se llevó a cero; se tituló agitando hasta cambio de color rojo vino o púrpura y finalmente a azul. Se anotó los mililitros gastados (el titulante debe agregarse con lentitud agitando fuertemente en la vecindad de dicho punto) (anexo 13). Para obtener el valor del parámetro se utilizó la siguiente fórmula (Rodríguez 2007):

$$\text{Dureza total mg/L de CaCO}_3 = \frac{\text{mL de EDTA gastados} * \text{molaridad} * 100.09 * 1,000}{\text{Volumen de alícuota (mL)}}$$

3.3.4 Determinación de metales pesados

Los metales pesados: arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc se determinaron por el método de Espectroscopia de Absorción Atómica (EAA) (anexo 14). Este método permite determinar la concentración de un elemento particular en una muestra y tiene como fundamento la absorción de radiación de una longitud de onda determinada. Esta radiación es absorbida selectivamente por átomos que tengan niveles

energéticos cuya diferencia en energía corresponda en valor a la energía de los fotones incidentes (Rocha 2000).

3.3.5 Determinación de turbidez

Se determinó por medio del método nefelométrico, se fundamenta en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro) (anexo 15), el cual ofrece la lectura directa de turbiedad en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (Acevedo *et al.* 2013).

3.3.6 Determinación de Sulfatos

Los sulfatos fueron determinados a través del método volumétrico, se fundamenta en que el sulfato se precipita en medio ácido (ácido clorhídrico) como sulfato de bario (BaSO_4) cuando se agrega solución de cloruro de bario. La precipitación se realiza a una temperatura cercana al punto de ebullición, después de un periodo de digestión, el precipitado se lava con agua caliente libre de cloruro, se seca, calcina y pesa como BaSO_4 .

El procedimiento para la determinación de sulfatos fue el siguiente: se midió en un balón volumétrico 100 mL de la muestra de agua y se colocó en un beaker de 250 mL (anexo 16), se agregaron 10 gotas de indicador anaranjado de metilo (anexo 17), 2 mL de ácido clorhídrico hasta cambio de color del indicador, el pH debe ser de 4.5 a 5.0 (anexo 18). Se calentó en cocina eléctrica cerca del punto de ebullición más o menos 80-90° C (anexo 19). Se agregó lentamente y con agitación constante 10 mL de solución caliente de cloruro de Bario al 10%; se agregó 2 mL de exceso; se continuó calentando hasta reducir a un volumen de 50 mL siempre a temperatura de 80-90° C.

El precipitado se dejó en reposo durante 30 minutos para que la precipitación fuera completa, luego se filtró por decantación usando papel filtro Whatman N°. 42. Cuando pasó todo el precipitado, se continuó lavando con agua destilada caliente libre de cloruro, varias veces, con porciones de 10 mL, raspando las paredes del beaker con un agitador con punta de hule, con el objeto de eliminar las trazas del precipitado que puede contener (anexo 20). Se continuó lavando con agua destilada hasta que el beaker quede limpio sin resto del precipitado.

Se comprobó la ausencia del ion cloruro en la última porción del lavado. Para ello se colocó un beaker de 50 mL, se agregaron 3 gotas de solución de nitrato de plata; acidificada con HNO₃, se colocó el beaker debajo del embudo donde se estaba filtrando y se dejó que caigan sobre las gotas del líquido del último lavado. Cuando ya no hubo formación de precipitado blanco de cloruro de plata, indicó la ausencia de ion cloruro (anexo 21).

Se dejó que el precipitado se seque en el papel filtro. Los crisoles utilizados se calentaron a una temperatura de 500° C, por una hora, se enfriaron y pesaron. Este es el valor del peso del crisol vacío. Se dobló cuidadosamente el papel filtro con el precipitado y se colocó en un crisol; fue calentado en una estufa a 100 –110° C, hasta calcinar lentamente en mufla a 800° C, cerca de una hora, para liberarlo de agua. Esta agua puede ser ocluida o adsorbida. Se enfrió en desecador por 45 minutos, se pesó el crisol con precipitado, teniendo cuidado de tomarlo con pinzas (anexo 22). Para obtener el valor del parámetro se utilizó la siguiente fórmula (Franyutti 2014):

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ mg/L} = \frac{\text{Peso del precipitado en gramos} * 411.4 * 100}{\text{Mililitros de la muestra utilizados}}$$

Dónde:

Peso de precipitado (g) = (peso crisol+ muestra después de calcinar) – peso de crisol vacío

3.4 Metodología estadística

Para la toma de las muestras de agua de los pozos y sus respectivos análisis, se tomó en cuenta el número de caseríos, la cantidad de familias por caserío, la ubicación de los pozos, y el costo económico de cada uno de los parámetros que se analizó y la frecuencia del muestreo.

El área geográfica en donde se desarrolló la investigación cuenta con una población de 720 personas (240 familias), quienes se distribuyen en tres caseríos, a saber, Los Encuentros tiene 150 familias, El Anono 36 familias y El Hervedor 54 familias. A través de fuentes primarias, se conoció que la mayoría de familias tienen un pozo en sus viviendas de donde obtienen el agua para consumo diario y para realizar las actividades domésticas como bañarse, lavar ropa, lavar trastes, entre otros.

La técnica utilizada para la recopilación de información fue una entrevista utilizando una encuesta que se le paso a una muestra de la población total, con la ayuda de herramientas: cuestionario y lapicero.

El tamaño de la muestra para realizar las entrevistas y las encuestas a las familias de las comunidades objeto de este estudio, se definió mediante la técnica del Muestreo Aleatorio Simple, el cual permitió calcular el tamaño de muestra con varianza máxima, una confiabilidad del 95% y una precisión del 10% (Rodríguez 1996):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{(N * d^2) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Dónde:

N = población = 240 familias

Z_{α} = factor probabilístico, con un factor de confianza del 95%

d = precisión = 10%

p * q = varianza de la proporción = 0.5 * 0.5

Entonces:

$$n = \frac{240 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(240 * 0.10^2) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 69$$

Según la fórmula estadística, el número total de encuestas fue de 69, que se distribuyeron de la siguiente manera: 43 encuestas en Los Encuentros (62.5% de la población); 10 encuestas en El Anono (15% de la población) y 16 encuestas en El Hervedor (22.5% de población).

Los datos obtenidos de las encuestas y de los análisis de laboratorio realizados se procesaron y presentaron por medio de gráficos de barra y de pastel, para obtener la mejor comprensión según la naturaleza de las preguntas realizadas en la encuesta.

3.5 Metodología socioeconómica

A través de la técnica: entrevista y encuesta, se hizo una caracterización de las condiciones socioeconómicas de los habitantes de las comunidades en estudio, así como de las prácticas de uso del agua y suelo que realizan. El primer paso fue la elaboración de la herramienta, verificando cada una de las preguntas; posteriormente se pasó la encuesta a cada una de las

familias de la muestra; como último procedimiento se vació en una base de datos y se tabuló para finalmente analizar los resultados.

Previo a realizar la técnica de recolección de información, se visitaron las comunidades para dar a conocer a los pobladores acerca de la investigación y los objetivos que se deseaban cumplir.

En la herramienta se formularon preguntas para obtener información sobre la familia que habita el hogar, las condiciones en que se encuentra la fuente de agua, los usos del agua potable (si la hay) y los tratamientos que le realizan al agua de pozo, servicios básicos con los que cuenta cada familia, estado de salud, rubros agropecuarios a los que se dedican y otras formas en que obtienen ingresos económicos.

Con el propósito de validar las encuestas, se entrevistaron a nueve empleados de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ya que pertenecen al mismo municipio y viven bajo condiciones similares a las comunidades en estudio. Una vez que la encuesta fue validada, se seleccionaron al azar las viviendas que constituyeron la muestra para hacer el diagnóstico.

Posteriormente, se entrevistó a un miembro de cada familia de la muestra establecida para el estudio, a través de la encuesta (anexo 23), utilizando el cuestionario y lápiz. Se recorrió los tres caseríos y de forma completamente al azar se seleccionaron las familias a las cuales se les iba a pasar la encuesta, teniendo en cuenta el número de la muestra. Finalmente, los datos obtenidos se vaciaron en una base donde se procesaron, tabularon y analizaron.

4 Resultados y Discusión

Se presentan los resultados de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y la caracterización socioeconómica de los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervedor, del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz.

Los objetivos de esta investigación son: caracterizar el agua de pozo en los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hervedor, del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz; y determinar la calidad físico-química y microbiológica del agua de pozo para consumo humano de los caseríos en estudio, utilizando como referencia el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.01:14) Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad.

4.1 Caracterización física

Al evaluar la calidad física del agua de los pozos muestreados a través de los parámetros: color aparente, olor, Sólidos Totales Disueltos y turbidez, los resultados obtenidos fueron comparados con el RTS y el 100% de las muestras analizadas están dentro del Límite Máximo Permisible establecido en el reglamento, tanto en el primer muestreo como en el segundo (cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados de parámetros físicos en muestras de agua de pozo.

Parámetro	Unidad	LMP ¹	Número de Muestreo	Número de muestra					
				Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Pozo 6
Color aparente	Pt-Co	15	1	4.5	3.2	7.2	3.4	3.9	2.4
			2	3.7	5.1	5.8	3.5	2.7	N/D ⁴
Olor	-	N/R ²	1	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
			2	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	1	396.0	346.0	464.0	209.0	233.0	189.4
			2	222.0	440.0	436.0	557.0	156.3	149.2
Turbidez	UNT ³	5	1	1	1	< 1	< 1	< 1	< 1
			2	2	1	< 1	2	2	< 1

¹Límite Máximo Permisible según el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14.

²No rechazable.

³Unidad Nefelométrica de Turbidez.

⁴No Detectado.

Muestreo 1: 09/2019.

Muestreo 2: 01/2020.

Los resultados obtenidos demuestran que la calidad física del agua de las comunidades objeto de estudio no está siendo alterada.

4.2 Caracterización química

Al evaluar la calidad química del agua de los pozos muestreados a través de los parámetros: cianuro, dureza, nitratos, nitritos, pH y sulfatos, todas las muestras analizadas presentaron valores por debajo del límite establecido en el RTS.

Cuadro 4. Resultados de parámetros químicos en muestras de agua de pozo.

Parámetro	Unidad	LMP ¹	N° de muestreo	Número de muestra					
				Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Pozo 6
Cianuro	mg/L	0.07	1	0.006	0.006	0.013	0.014	0.027	0.001
			2	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	0.007
Dureza	mg/L	500	1	257.77	284.37	298.69	122.75	106.38	118.66
			2	153.44	394.85	284.37	331.43	75.70	106.38
Nitratos	mg/L	50	1	0.20	21.70	5.20	1.25	2.07	5.50
			2	0.13	33.54	5.82	0.21	1.15	2.58
Nitritos	mg/L	3	1	0.038	0.082	0.043	0.080	0.032	0.049
			2	0.044	0.031	0.035	0.036	0.028	0.037
pH	-	6.0-8.5	1	6.31	6.29	6.35	6.56	6.39	6.64
			2	6.44	6.27	6.41	6.30	6.39	6.34
Sulfatos	mg/L	250	1	90.508	98.736	127.534	41.140	86.394	74.052
			2	53.482	209.814	148.404	234.498	74.052	37.026

¹Límite Máximo Permisible según el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14.

Muestreo 1: 09/2019.

Muestreo 2: 01/2020.

Aunque los valores de estos parámetros cumplen con el reglamento, la dureza es el parámetro que se encuentra más cercano a superar el límite de 500 mg/L, con un valor máximo de 394.85 mg/L, por lo que debe vigilarse por posibles valores altos en un futuro.

4.2.1 Metales pesados

El agua de los pozos muestreados presentó valores por debajo del Límite Máximo Permisible por el RTS en los metales: Aluminio (Al), Boro (B), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercurio (Hg) y Zinc (Zn); mientras que presentó valores superiores al límite en: Arsénico (As), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), y Plomo (Pb).

Cuadro 5. Resultados de metales pesados en muestras de agua de pozo.

Parámetro	Unidad	LMP ¹	N° de muestreo	Número de muestra					
				Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Pozo 4	Pozo 5	Pozo 6
Aluminio (Al)	mg/L	0.2	1	N/D ²	0.030	0.010	0.020	0.010	0.010
			2	N/D ²	0.060	0.020	0.050	0.010	0.070
Arsénico (As)	mg/L	0.01	1	0.040	0.040	0.040	0.050	0.030	0.040
			2	0.070	0.040	0.090	0.040	0.040	0.040
Boro (B)	mg/L	2.4	1	0.230	0.230	0.260	0.190	0.230	0.190
			2	0.170	0.150	0.130	0.120	0.160	0.140
Cadmio (Cd)	mg/L	0.003	1	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
			2	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Cobre (Cu)	mg/L	2	1	N/D ²	N/D ²	N/D ²	0.004	0.020	N/D*
			2	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Cromo (Cr)	mg/L	0.05	1	0.00010	N/D ²	0.00002	0.00025	N/D ²	N/D ²
			2	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Hierro (Fe)	mg/L	0.3	1	0.117	N/D ²	N/D ²	0.053	0.018	N/D ²
			2	0.450	N/D ²	0.020	0.240	0.170	N/D ²
Manganeso (Mn)	mg/L	0.1	1	0.113	0.101	0.029	0.074	0.023	0.120
			2	0.570	0.240	0.240	0.410	0.040	0.120
Mercurio (Hg)	mg/L	0.006	1	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
			2	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Níquel (Ni)	mg/L	0.07	1	0.002	0.004	0.003	0.001	0.003	0.003
			2	N/D ²	N/D*	0.390	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Plomo (Pb)	mg/L	0.01	1	0.008	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
			2	0.010	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²	N/D ²
Zinc (Zn)	mg/L	4	1	0.051	0.007	0.020	0.005	0.011	0.028
			2	0.020	N/D ²	N/D ²	0.060	0.020	0.020

¹Límite Máximo Permissible.

²No detectado.

Muestreo 1: 09/2019.

Muestreo 2: 01/2020.

■ Valores que no cumplen con el RTS 13.02.01:14 y RTS 13.02.02.14.

Los análisis demuestran que los pozos 1, 2, 3 y 6, presentan los valores más altos para los metales pesados, siendo el pozo 1 el que presenta mayor contaminación en cuanto a arsénico, hierro, magnesio y plomo.

Los metales deben tomarse muy en cuenta en la calidad del agua, ya que diversos estudios indican que pueden acumularse en el organismo y el cuerpo los libera lentamente, por lo que, si se consume diariamente, aunque sea en pequeñas cantidades, con el tiempo puede generar problemas en el sistema nervioso y efectos renales (Herrera 2012).

4.2.1.1 Arsénico

El 100% de los pozos muestreados tienen contenidos de arsénico mayores de lo permitido (cuadro 5).

En un estudio realizado en Argentina por Fernández *et al.* (s.f.), la presencia de arsénico se presume por origen volcánico, pero con el tiempo podría observarse un incremento, ya que este factor quedaría minimizado por el aporte que se hace como consecuencia de su utilización con pesticidas (los arsenitos como herbicidas y arseniatos como insecticidas), ya que el uso de productos químicos es frecuente en la región (anexo 28).

Según Álvarez *et al.* (2003), cuando la capacidad de adsorción del suelo es elevada, el arsénico y el fósforo son retenidos, por lo tanto, la utilización de herbicidas y fertilizantes fosfatados en las prácticas agrícolas parece tener una relación con la concentración de arsénico en la solución del suelo ya que puede aumentar su disponibilidad.

Las viviendas y los pozos de agua muestreados están ubicados en terrenos donde anteriormente se cultivaba algodón (*Gossypium spp*) y en la actualidad están entre 20 a 25 metros de terrenos en donde se cultiva caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en los cuales se aplican agroquímicos por medio de avionetas.

Aguilar *et al.* (2002) en diversos muestreos de suelo y agua realizados en Ciudad Romero, El Salvador, detectaron altos niveles de cadmio y arsénico, metales pesados que son tóxicos para los riñones.

Berardozzi *et al.* (2018) afirman que los efectos más destacados de la intoxicación aguda (a corto plazo) por arsénico son náuseas, vómitos, diarrea, efectos cardiovasculares y encefalopatía.

Según la OMS (2020), el consumo de agua y alimentos contaminados con altas concentraciones de arsénico puede ocasionar problemas cardiovasculares, producir cáncer en la piel, vejiga y pulmón; cambios de pigmentación en la piel, lesiones cutáneas, callosidades en las palmas de las manos y en las plantas de los pies (hiperqueratosis). Estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años.

4.2.1.2 Hierro

En el segundo muestreo realizado en enero de 2020 en el pozo 1, el análisis de agua reportó un contenido de 0.45 mg/L de hierro, el cual es mayor al Límite Máximo Permitido por el RTS, que es de 0.3 mg/L (cuadro 5).

La contaminación por metales pesados como el hierro puede conducir al daño de los órganos del cuerpo, produciendo fallas renales y respiratorias. Consumir grandes cantidades de hierro puede llevar a una condición conocida como sobrecarga de hierro, que generalmente es resultado de una mutación genética. Si no se trata, la sobrecarga de hierro puede conducir a la hemocromatosis, una enfermedad grave que puede dañar los órganos del cuerpo. Los primeros síntomas incluyen fatiga, pérdida de peso y dolor en las articulaciones, pero si la hemocromatosis no es tratada, puede conducir a enfermedades del corazón, problemas del hígado y la diabetes (Hidroquil 2019).

4.2.1.3 Manganeso

Todos los pozos muestreados tienen contenidos de manganeso mayores de lo permitido en el RTS, a excepción de los pozos 3 y 4, que, en el primer muestreo realizado en septiembre de 2019, el análisis de agua reportó un contenido de 0.029 mg/L y 0.074 mg/L, respectivamente, los cuales cumplen con el RTS, que es 0.1 mg/L, al igual que el pozo 5 (cuadro 5).

En el cantón San Francisco Amatepe las aguas subterráneas están afectadas por el historial de prácticas agrícolas en el cultivo del algodón y actualmente de caña de azúcar, el principal rubro en este periodo; además del impacto de la ganadería en pequeña escala, todo esto puede generar contaminación de manganeso a través de las aguas residuales que se infiltran al subsuelo. Asimismo, diversos metales como el manganeso pueden llegar a las aguas subterráneas mediante la erosión y lixiviación de minerales y rocas que contienen manganeso en los acuíferos (Corilloclla y Raquel 2012).

A pesar de que son escasos los estudios relacionados con el riesgo asociado a la exposición de este metal a través del agua de consumo humano, se han encontrado evidencias de que el manganeso está relacionado con problemas neurológicos, cognitivos y de comportamiento en niños que han estado expuestos a manganeso; y que a elevadas concentraciones se relaciona con incrementos en los niveles de irritabilidad, agresiones, hiperactividad, comportamientos

antisociales y efectos neuroconductuales, lo cual ha sido estudiado en niños de 6 a 13 años (Gómez *et al.* 2017).

4.2.1.4 Níquel

En el segundo muestreo realizado en enero de 2020 en el pozo 3, el análisis de agua reportó un contenido de 0.390 mg/L de níquel, valor que supera a 0.07 mg/L el cual es el Límite Máximo Permitido por el RTS (cuadro 5).

El níquel ocurre de forma natural en la corteza terrestre combinado con otros elementos. Se encuentra en todos los suelos y es liberado por volcanes. El níquel es liberado a la atmosfera cuando se mina y por industrias que fabrican o usan níquel, aleaciones de níquel o compuestos de níquel. Estas industrias también pueden desechar níquel en aguas residuales. El efecto adverso más común de la exposición en seres humanos es una reacción alérgica. Los efectos más graves a la salud por exposición al níquel, son: bronquitis crónica, disminución de la función pulmonar y cáncer de los pulmones (ATSDR 2008).

4.2.1.5 Plomo

En el segundo muestreo realizado en enero de 2020 en el pozo 1, el análisis de agua reporto un contenido de 0.01 mg/L de plomo, el cual es el Límite Máximo Permitido por el RTS (cuadro 5).

Herrera (2012) menciona que el plomo puede ser acumulativo en el organismo, es decir, puede consumirse en pequeñas cantidades y el organismo lo acumula, además, el cuerpo lo libera lentamente, por lo que, si se consume diariamente, aunque sea en pequeñas cantidades, con el tiempo puede generar problemas en el sistema nervioso y efectos renales.

4.3 Caracterización microbiológica

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que todos los pozos analizados tienen contaminación microbiológica por bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* durante la mayor parte del año (época seca y lluviosa) y no cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano”, a pesar que la bomba 1 posee un sistema purificador de agua y la bomba 2 tiene 50 m de profundidad (cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en muestras de agua de pozo.

Parámetro	Bacterias Coliformes Totales			<i>Escherichia coli</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
Unidad	NMP*			NMP*			NMP*		
LMP	Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L			Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L			Menor a 1.1 NMP/ 100 m/L		
N° muestreo	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Pozo 1	980.4	> 2419.6	1986.3	27.5	> 2419.6	1.0	10.8	980.4	20.5
Pozo 2	> 2419.6	1732.9	54.8	32.6	1.0	9.7	686.7	52.9	1.0
Pozo 3	> 2419.6	1119.9	> 2419.6	47.4	12.2	25.3	1119.9	19.9	47.1
Pozo 4	980.4	> 2419.6	> 2419.6	90.8	101.7	1.0	7.3	38.9	18.3
Pozo 5	209.8	4.1	135.4	44.3	< 1.0	1.0	46.5	3.1	9.5
Pozo 6	1046.2	1203.0	34.5	7.5	6.3	2.0	119.8	13.4	22.6
Bomba 1	> 2419.6	1.0	1.0	41.0	< 1.0	< 1.0	265.6	3.0	< 1.0
Bomba 2	86.0	1.0	35.4	< 1.0	< 1.0	3.1	49.5	5.1	50.6

*Número Más Probable.

Muestreo 1: 09/2019.

Muestreo 2: 11/2019.

Muestreo 3: 01/2020.

■ Valores que no cumplen con el RTS 13.02.01:14 y RTS 13.02.02.14.

4.3.1 Bacterias Coliformes Totales

Todos los pozos muestreados tienen contenidos de bacterias coliformes totales mayores a 1.1 NMP/100 mL, a excepción del pozo de la bomba 1, que, en dos muestreos, y la bomba 2, en un muestreo, tuvieron valores que cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 (cuadro 6).

La contaminación del agua de los pozos por heces humanas puede ser debido al uso de las letrinas tipo “aboneras” en cada una de las viviendas, las cuales se encuentran a una distancia de los pozos desde 3 hasta 10 m.

Los síntomas más comunes que presenta el tomar agua contaminada con bacterias coliformes son malestar gastrointestinal y síntomas generales similares a los de la gripe como fiebre, calambres abdominales y diarrea. Los síntomas son más probables en los niños o en los ancianos del hogar (CYTED s. f.).

4.3.2 *Escherichia coli*

Todos los pozos muestreados tienen contenidos de *Escherichia coli* mayores a 1.1 NMP/100 mL, a excepción del pozo 5, y la bomba 1 y 2, que en dos muestreos cada uno tuvieron valores que cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; al igual que los pozos 1, 2 y 4, que en un muestreo cada uno presentaron valores que cumplen con dicho Reglamento (cuadro 6).

La contaminación del agua de los pozos por heces humanas puede ser debido al uso de las letrinas tipo “aboneras” en cada una de las viviendas, las cuales se encuentran a una distancia de los pozos desde 3 hasta 10 m.

Consumir agua contaminada por *Escherichia coli* puede causar enfermedades como diarrea, calambres estomacales, inflamación, gas, mucho cansancio, pérdida de peso, náusea, vómito o fiebre. Los síntomas pueden aparecer a las pocas horas o después de varios días de infectarse (DOH 2017).

La presencia de *Escherichia coli* en el agua es indicación de contaminación por aguas residuales o de residuos de animales. Las fuentes de contaminación fecales de humanos y animales representan un grave riesgo para la salud debido a la existencia de agentes patógenos en los residuos fecales (Rivera y Rock 2014).

4.3.3 *Pseudomonas aeruginosa*

Todos los pozos muestreados tienen contenidos de *Pseudomonas aeruginosa* mayores a 1.1 NMP/100 mL, a excepción del pozo 2 y la bomba 1, que en un muestreo cada uno realizado en enero 2020 tuvieron valores que cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.02:14 (cuadro 6).

La contaminación del agua de los pozos por heces humanas puede ser debido al uso de las letrinas tipo “aboneras” en cada una de las viviendas, las cuales se encuentran a una distancia de los pozos desde 3 hasta 10 m. Existe contaminación microbiológica por excrementos de origen animal debido al pastoreo de ganado (vacas, caballos, cabras, otros) alrededor de los pozos; así como también por descargas de aguas residuales domésticas cerca de los pozos o manantiales.

En zonas cercanas entre las comunidades, son muy frecuentes las inundaciones durante los meses de agosto y septiembre; esto conlleva arrastre de materia orgánica y de partículas en suspensión que llegan al manto acuífero, contaminando de esta manera el recurso hídrico.

Pseudomonas aeruginosa puede causar diversos tipos de infecciones, pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas sin algún factor predisponente. Coloniza predominantemente partes dañadas del organismo, como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de personas con enfermedades subyacentes o las lesiones físicas en los ojos. Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en el ámbito hospitalario (Delgado y Morales 2015).

La bacteria *Pseudomonas aeruginosa* es un contaminante normal de aguas de pozos que no han pasado por un proceso de potabilización. Se les asocia a residuos fecales humanos más que a heces de animales. Está reportada como la de mayor importancia clínica dentro de los bacilos Gram negativos no fermentadores (Alonso *et al.* 2005).

Pseudomonas aeruginosa es capaz de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas, se debe a una densa capa de polisacáridos, la cual establece una barrera no solo física si no química capaz de proteger a la bacteria de las moléculas de cloro libre residual (Marchand 2001).

Los problemas fundamentales asociados con la desinfección de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua se relacionan con las fallas en los diseños de ciertas partes del sistema, por ejemplo, los tanques de almacenamiento y las tuberías del sistema de distribución que no permiten una adecuada exposición a los desinfectantes (Marchand 2001).

Según Castrejón *et al.* (2006), las principales fuentes de contaminación del agua de los pozos en comunidades pequeñas menores de 500 habitantes son porque no cuentan con el servicio de drenajes, actividades agrícolas, ganadería o actividades pesqueras.

Marchand (2001) determina que el problema del riesgo de contaminación microbiológica radica principalmente en la proliferación de pozos y surtidores clandestinos (los cuales no poseen ningún tipo de control sanitario, sin tratamiento y sin desinfección del agua), condiciones higiénicas sanitarias deplorables (presencia de basurales, letrinas y animales entre otros) y

mala ubicación del sistema de evacuación de excretas (lo cual infiltra en el terreno y penetra por las paredes del pozo, contaminando el agua).

4.4. Caracterización socioeconómica

Con el objetivo de conocer las prácticas de producción agropecuaria de uso y manejo del agua y suelo que realizan los habitantes de los caseríos en estudio, se realizaron 69 encuestas: 43 en el caserío Los Encuentros, 16 en El Hervedor y 10 en El Anono, representando respectivamente el 62.5%, 22.5% y 15% de la población en estudio.

4.4.1. Datos Generales

4.4.1.1. Composición de la familia por sexo

Según los datos obtenidos en esta investigación, el 50% de la población pertenece al género masculino y el otro 50% al género femenino.

4.4.1.2. Tiempo de vivir en la comunidad

El 43% de las personas encuestadas tienen 10 años o menos de habitar en el área de estudio; el 29% tienen entre 21 a 30 años, un 16% entre 11 a 20 años, el 11% habitan desde 31 a 40 años; y solo el 1% tiene más de 40 años de vivir en estos caseríos (figura 2).

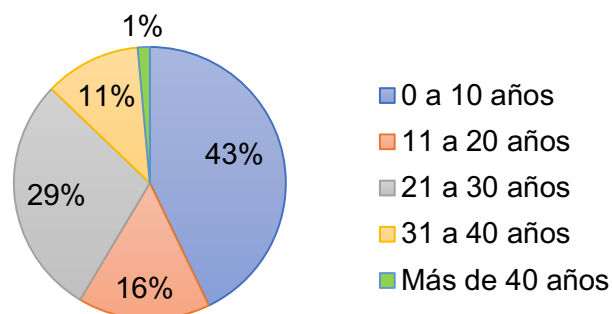


Figura 2. Tiempo de residir en los caseríos del estudio.

Procasur (2013) afirma que el departamento de La Paz, junto San Vicente y Cuscatlán son los departamentos hacia los que generalmente migran jóvenes del sector rural, es decir, son departamentos receptores.

4.4.1.3. Ocupación de las personas

El 39% de las personas entrevistadas no poseen empleo; 36% se dedica a trabajar en actividades de campo como en la zafra de la caña de azúcar, producir cultivos o en la crianza de animales; el 25% son amas de casa o trabajadores de otros sectores (figura 3).

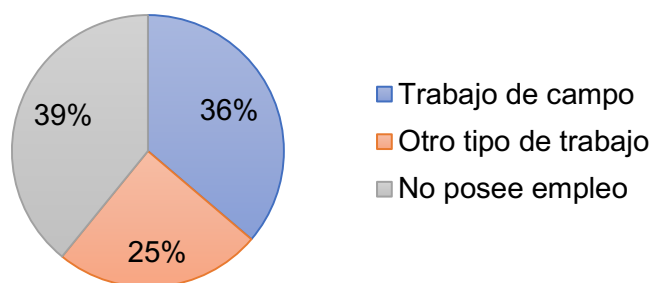


Figura 3. Ocupación de las personas encuestadas.

En las zonas rurales, las condiciones de trabajo tienden a ser difíciles, precarias y peligrosas puesto que los empleos rurales son generalmente informales, no existen contratos escritos y los empleados no gozan de protección social. Es habitual que las personas trabajen muchas horas, perciban ingresos bajos e inestables y con frecuencia se vean forzadas a combinar varias actividades para poder subsistir (FAO 2020).

4.4.1.4. Disponibilidad del servicio de agua potable

El 100% de las familias encuestadas no cuentan con el servicio de agua potable. Algunas casas tienen tuberías para disponer de este servicio, pero afirmaron que este nunca les fue habilitado.

La Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos (ONU 2010).

4.4.2. Información de las fuentes de agua

4.4.2.1. Tiempo de construcción de los pozos

Los pozos en el caserío Los Encuentros tienen 8 años en promedio de haberse construido, en el caserío El Anono 12 años y en el caserío El Hervedor 18 años.

El 43% de los pozos han sido construidos hace 10 años o menos, el 35% tienen entre 11 a 20 años, 15% tienen entre 21 a 30 años de antigüedad, el 4% entre 31 a 40 años de haber sido construidos y el 3% de los pozos fueron construidos hace 41 años o más.

Durán y Torres (2006) mencionan que el agua de pozos artesanales puede contaminarse por el deterioro de los materiales de construcción, permitiendo la filtración de lixiviados y materiales arrastrados por flujo del agua subterránea. El tiempo del deterioro dependerá del material de construcción y el criterio con que se elaboró cada pozo.

4.4.2.2. Protección de los pozos

El 36% de los pozos no posee ningún tipo de cubierta o protección para evitar la entrada de agentes contaminantes desde la superficie; el 64% restante si posee algún tipo de protección (anexo 24, anexo 25).

Los pozos sin cubierta fácilmente pueden contaminarse por microorganismos o compuestos de todo tipo de materia en degradación como heces de animales o basura que son transportados a través del aire (Brady 2009.).

4.4.2.3. Profundidad de los pozos

El 58% de los pozos tienen una profundidad entre 6 a 10 metros, 35% tienen 5 m o menos de profundidad, el 6% tiene entre 16 a 20 m, y el 1% tienen una profundidad entre 11 a 15 m (figura 4).

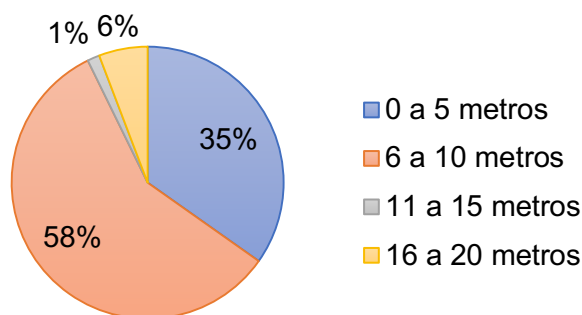


Figura 4. Profundidad de los pozos.

Una desventaja que tienen los pozos superficiales o poco profundos (menos de 10 m de profundidad) es el riesgo de contaminación microbiológica (Goya y Wilde 1997).

4.4.2.4. Cercanía de los pozos a posibles fuentes de contaminación

La fuente de contaminación del agua de los pozos más común en las comunidades es la cercanía con las letrinas, con una proximidad menor a 10 metros en el 74% de las viviendas. Solo el 16% de los hogares tiene sus letrinas u otras fuentes de contaminación, como corrales y cultivos, ubicados a más de 10 metros del pozo (figura 5).

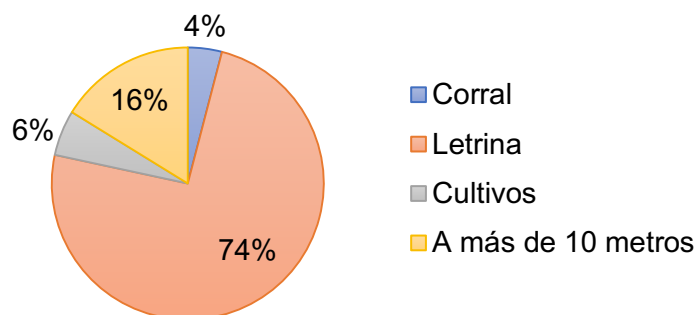


Figura 5. Viviendas con pozos cercanos a posibles fuentes de contaminación.

La localización de la letrina con respecto a cualquier fuente de suministro de agua (pozos) dentro del predio o en predios vecinos debe ser de 15 metros como mínimo; así mismo, debe tomarse en cuenta la dirección en que corre el agua subterránea, a fin de no ubicar una letrina de hoyo modificada con dirección de la corriente hacia el pozo o fuente natural de suministro de agua, caso contrario, se debe utilizar una de las alternativas de letrina tipo abonera o solar (MSPAS 2004).

4.4.3. Uso y tratamiento del agua de pozo

4.4.3.1. Uso del agua

El 68% de la población utiliza el agua de pozo para uso doméstico y aseo personal, 23% para consumo humano y el 9% la utiliza en cultivos y ganado (figura 6).

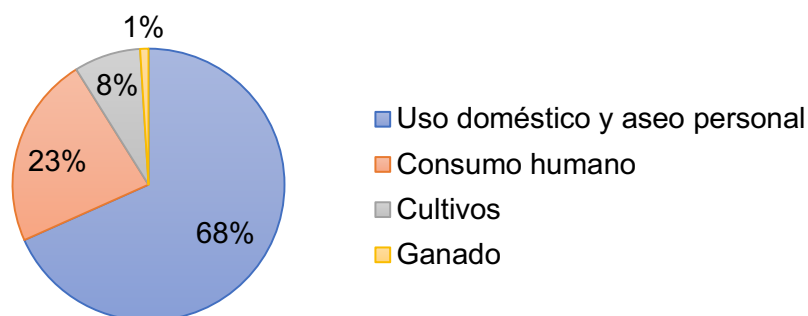


Figura 6. Uso del agua.

Solamente un 32% de la población rural tiene acceso a servicios de agua, que no necesariamente es potable. La calidad del agua consumida es deficiente y alrededor de un 40% de los sistemas analizados tienen problemas de contaminación microbiológica (FONAES s. f.).

4.4.3.2. Calidad del agua de los pozos

El 100% de las familias en los caseríos en estudio, no realiza análisis de calidad del agua del pozo que poseen.

4.4.3.3. Tratamiento que recibe el agua de los pozos

El 37% de la población utiliza filtros como tratamiento del agua previo al consumo, el 24% desinfecta el agua de los pozos con cloro o lejía, 5% utilizan una tela (manta) como tamiz para colar el agua y posteriormente hervirla; y el 34% no realizan ninguna labor de desinfección del agua antes de utilizarla (figura 7).

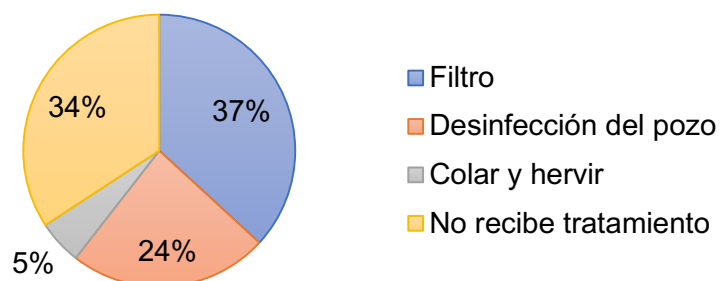


Figura 7. Tratamientos que recibe el agua de los pozos.

Para elegir el mejor método para tratar el agua de pozo se debe realizar un análisis para determinar los parámetros con grado contaminante y conocer qué parámetro se desea controlar (OMS 2006).

4.4.3.4. Uso del agua del pozo para que tomen los animales

El 81% de las personas entrevistadas no utilizan el agua de los pozos para dar de beber a sus animales, solo el 19% utiliza el agua del pozo para dar de beber a los animales.

González (2013) menciona que es importante garantizar agua que se ajuste a estándares de calidad a las especies animales. Dentro de las especies animales domésticas, las aves se encuentran dentro de las más susceptibles a cambios en la calidad del agua, lo que obliga a garantizar parámetros de calidad muy similares a los que se deben dar para consumo humano.

4.4.4. Evaluación socioeconómica

4.4.4.1. Servicio de energía eléctrica

El 88% de la población tiene servicio de energía eléctrica en su hogar, 12% no lo posee.

La falta del servicio de energía eléctrica en las viviendas implica mayores obstáculos para progresar en cuanto al desarrollo rural. Es importante garantizar este servicio, así como cualquier otro servicio para mejorar las condiciones de vida de los pobladores (PNUD s. f.).

4.4.4.2. Organizaciones que intervienen en las comunidades

El 39% de las personas entrevistadas afirmó que en sus caseríos no reciben apoyo de ninguna organización; 32% mencionó que la Asociación de Desarrollo Comunal (ADESCO) es la que se encarga de la gestión de proyectos y de otros beneficios para los habitantes de las comunidades; el 13% manifestó que Cáritas (instancia de la Iglesia Católica en El Salvador) ha intervenido en las comunidades en proyectos de agua potable; 12% dijeron que la Alcaldía municipal de San Luis Talpa les apoya en diferentes servicios para las comunidades del cantón; el 4% restante confirmó haber recibido apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en cuanto a capacitación técnica y adquisición de tecnologías para el cultivo de hortalizas en huertos caseros (figura 8).

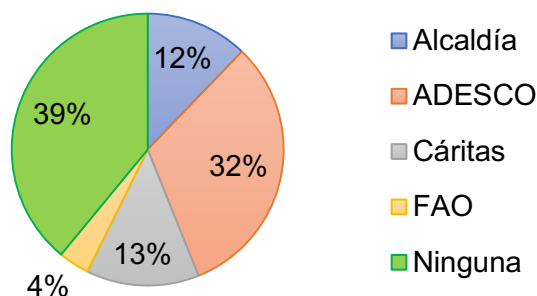


Figura 8. Organizaciones que intervienen en las comunidades.

No es común que en las zonas rurales en países en desarrollo intervenga una sola entidad, por el contrario, es común que participen una serie de actores y combinaciones entre consejo municipal, gobierno regional/estatal, gobierno nacional, una organización no gubernamental (ONG) local, nacional o internacional y un organismo de extensión o capacitación nacional. Esta combinación asegura la propiedad y orientación local de la intervención, además de comprometer los recursos nacionales e internacionales que ayudarán a lograr los objetivos (Berdegué *et al.* s. f.).

4.4.4.3. Temas en que han sido capacitados

El 42% de las capacitaciones impartidas han sido sobre manejo de cultivos hortícolas, 25% sobre agricultura orgánica, 13% en mantenimiento de letrinas, 8% sobre ganado vacuno, 4% en cultivo de tilapia, otro 4% dijo que tratan sobre crianza de aves de corral, y otro 4% sobre manejo adecuado del agua (figura 9).

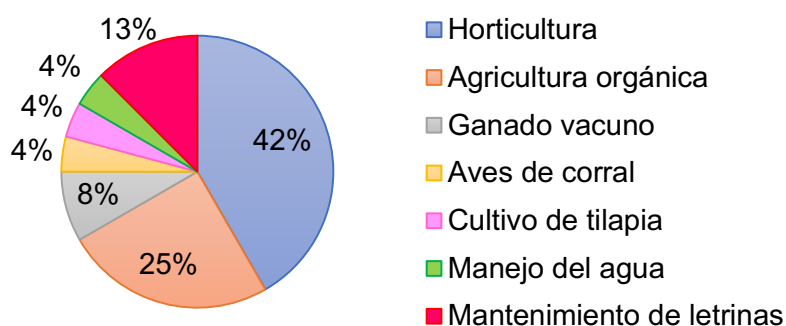


Figura 9. Temas en que han sido capacitados los agricultores de los caseríos.

Para una buena capacitación deben utilizarse módulos demostrativos y se considera que es más adecuado que los participantes estén conformados por agrupaciones de 20 a 30 familias; además de separar por niveles o etapas para que se efectúe en forma gradual (Tello y Tello 2015).

4.4.4.4. Enfermedades más comunes en las comunidades

El 65% de las familias padecen recurrentemente enfermedades respiratorias (congestión nasal, tos y fiebre); 19% ha tenido enfermedades gastrointestinales; 14% padecen de insuficiencia renal; y solo el 2% tienen enfermedades como diabetes y migraña (figura 10).

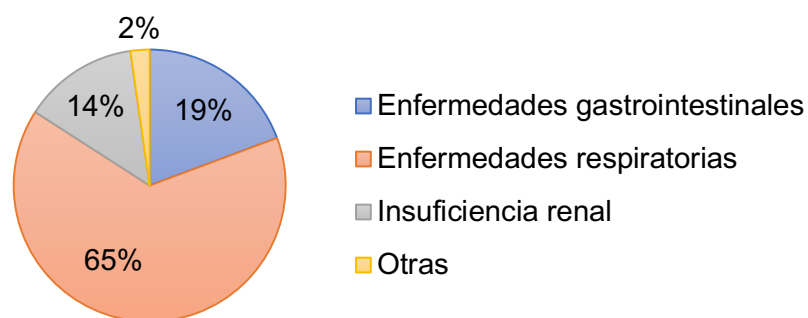


Figura 10. Enfermedades más comunes en las comunidades.

La ingesta de agua contaminada por microorganismos es la causa común de enfermedades gastrointestinales como diarrea, calambres estomacales, inflamación, gas, pérdida de peso, náusea, vómito o fiebre (DOH 2017).

Los casos de insuficiencia renal de los caseríos en estudio se encuentran por encima del promedio a nivel nacional: para el año 2015, a nivel nacional, la Insuficiencia Renal Crónica (IRC) estaba presente en el 12.6% de la población de todo el país (MINSAL 2018).

Estudios realizados por Palomo *et al.* (2017) determinaron relaciones a los factores de riesgo que predisponen a Insuficiencia Renal Crónica, dejando en evidencia que la exposición prolongada a pesticidas provoca el 10.2% de los casos de esta enfermedad en El Salvador.

4.4.5. Evaluación socio agronómica

4.4.5.1. Uso de los terrenos de las viviendas

El 58% de la población no utiliza los terrenos de sus viviendas para producir cultivos ni criar animales; 23% la usa para producir maíz; 13% se dedica a la crianza de ganado y aves de corral; y el 6% la utilizan para ambos rubros.

Entre las actividades económicas predominantes en el municipio de San Luis Talpa están: cultivo de caña de azúcar, granos básicos y hortalizas, crianza de ganado vacuno, aves de corral, conejos, ovejas, iguanas, entre otros (COEM 2004).

4.4.5.2. Uso y frecuencia del agua para riego de cultivos

El 70% de las personas entrevistadas no cultiva en su terreno; 19% no usa agua para riego porque cultiva maíz o frijol en época lluviosa, 6% riega diariamente las hortalizas que producen en huertos caseros; 4% riega semanalmente parcelas de yuca o de musáceas; el 1% riega árboles frutales cada dos semanas (figura 11).

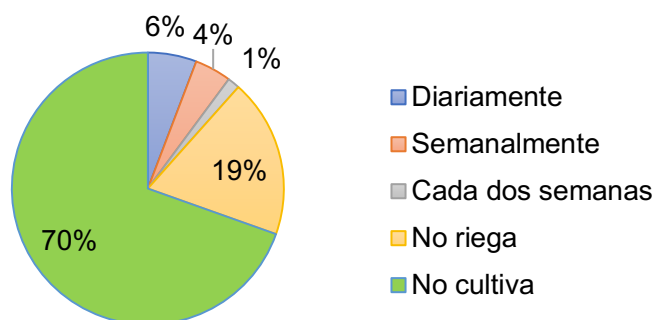


Figura 11. Uso y frecuencia de riego de cultivos.

En promedio, en la agricultura se ocupa el 70% del agua que se extrae en el mundo (Banco Mundial s. f.).

4.4.5.3. Uso de productos químicos

El 74% de las personas entrevistadas no utiliza agroquímicos en sus cultivos, el 26% si aplica agroquímicos.

Comúnmente se recurre por conocimiento empírico al uso de productos químicos para reducir el impacto de enfermedades y plagas. El uso de ciertos productos se ha normalizado a tal grado que se utilizan sin previa consulta o asesoría técnica (Plimmer s. f.).

Muchos de estos productos pueden ser nocivos para los seres humanos, el ganado, flora, fauna y recursos naturales por diversas causas: siendo tóxicos y corrosivos; y su utilización indiscriminada puede contaminar el aire, agua y suelo, obteniendo como consecuencia, elevados niveles de residuos en el agua (OIT 1993).

4.4.5.4. Uso de equipo de protección al aplicar agroquímicos

56% de los agricultores no utiliza equipo de protección al aplicar agroquímicos, el 44% utiliza algún equipo de protección o una combinación de accesorios, siendo los más utilizados las botas (9%) y en segundo lugar un pantalón largo (8%), camisa manga larga (8%) y mascarilla (8%); y los menos utilizados son los sombreros (5%), guantes (4%) y gafas (2%) (figura 12).

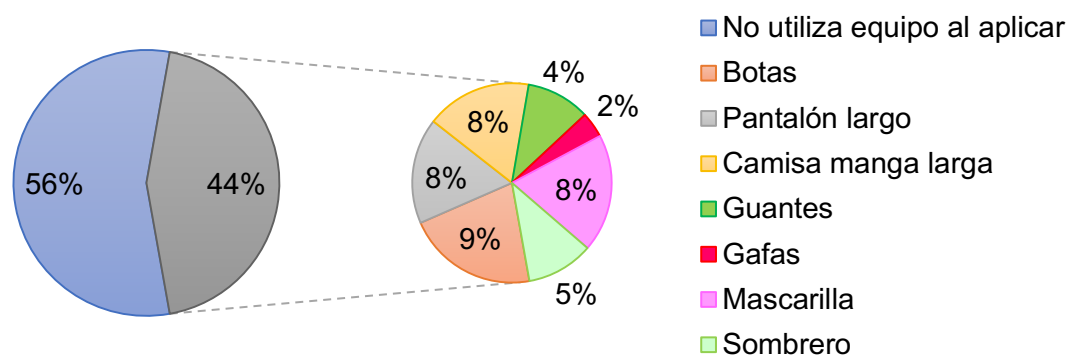


Figura 12. Uso de equipo de protección al aplicar agroquímicos.

La mayor parte de los productos agroquímicos entrañan peligro para el usuario, que debe evitarse mediante medidas técnicas de control. Se debe utilizar un equipo de protección

personal, que consiste en: protección de la cabeza, ojos y cara, se debe llevar una careta que cubra la totalidad de la frente y del rostro hasta debajo de la mandíbula; uso de mascarillas, guantes protectores; prendas de trabajo como camisas, pantalones, calcetines y zapatos o botas (OIT 1993).

5. Conclusiones

Los pozos de agua de los caseríos Los Encuentros, El Anono y El Hovedor, cantón San Francisco Amatepe, San Luis Talpa, La Paz, cumplen con el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad” en los parámetros de: color aparente, olor, sólidos totales disueltos, turbidez, cianuro, dureza, nitratos, nitritos, pH, sulfatos, aluminio, boro, cadmio, cobre, cromo, mercurio y zinc.

Los pozos de agua muestreados tienen niveles de arsénico y manganeso que superan los establecidos por el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14; también superan los parámetros de hierro y plomo en un pozo, y níquel en otro.

Los pozos de agua tienen contaminación por Bacterias Coliformes Totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*; por tanto, no cumplen el Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad” ni con la Norma Salvadoreña Obligatoria “NSO 13.07.02:08. Agua. Agua Envasada”.

Considerando los parámetros analizados y los parámetros establecidos por la reglamentación nacional, el agua de pozo de los caseríos en estudio no es apta para consumo humano.

El 84% de las viviendas tienen el pozo de agua cerca de una posible fuente de contaminación como letrinas, corrales de los animales o áreas de cultivos.

66% de personas utilizan algún tratamiento para purificar el agua que consumen y que utilizan en sus usos domésticos, como filtros, desinfección con cloro o lejía, tela o manta como tamiz para colar el agua y luego hervirla; el 34% no realiza ninguna actividad para desinfección del agua antes de utilizarla.

Todos los pobladores han padecido síntomas respiratorios como gripe, congestión nasal, tos y fiebre; síntomas gastrointestinales (diarrea); y el 14% padecen de insuficiencia renal.

Los parámetros de olor, pH, sólidos totales disueltos y temperatura se analizaron en campo por medio de una sonda multiparamétrica, esto es debido a que cuando son extraídos de su fuente de abastecimiento son afectados por el ambiente, modificando su valor real.

6. Recomendaciones

Al Ministerio de Salud de El Salvador (MINSAL): realizar la gestión ante entidades gubernamentales y no gubernamentales para que se implementen medidas y estrategias de corto plazo (promoción, educación, organización, distribución de *Puriagua*, entre otras) y mediano plazo (introducción del servicio de agua potable domiciliarmente) en todas las viviendas de los caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz.

A la Alcaldía Municipal y al MINSAL: conocer la situación actual en cuanto al recurso hídrico del cantón San Francisco Amatepe, e intervenir para mejorar los sistemas de abastecimiento de agua potable en el sector.

Al MINSAL: realizar muestreos y análisis de la calidad del agua de todos los pozos de las familias que habitan en los caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, sobre todos los parámetros físicos, químicos, metales pesados y microbiológicos, según el criterio establecido en el Reglamento Técnico Salvadoreño; y capacitar a los habitantes sobre el uso de métodos caseros de desinfección de agua.

Al MINSAL: construir letrinas aboneras en cada una de las viviendas y asegurar un distanciamiento mínimo de 10 metros con respecto a la vivienda y 15 metros de distancia mínima de cualquier fuente o suministro de agua para reducir la contaminación microbiológica.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG): capacitar y sensibilizar a los productores sobre la importancia del uso adecuado de agroquímicos y de equipo de protección personal.

A los residentes del cantón San Francisco Amatepe: mientras no se tenga acceso a agua potable deben continuar utilizando los diferentes métodos de tratamiento y desinfección del agua como filtros, *Puriagua*, tela o manta como tamiz para colar el agua y posteriormente hervirla, entre otros.

7. Bibliografía

- Acevedo, R; Castillo, M; Severiche, C. 2013. Verificación analítica en muestras de agua (en línea). Consultado 3 ene. 2020. Disponible en: <https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/index.htm>
- Aguilar, R; García, R; Leiva, R; Ortiz, M; Reyes, C. 2002. Nefropatía terminal en pacientes de un hospital de referencia en El Salvador (en línea). Consultado 25 de mar. 2021. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892002000900009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Alarcón, M. 2014. Determinación de cobre y acidez en agua potable mediante espectrofotometría de absorción atómica y potenciometría, y su relación con el cobre libre en sistemas intradomiciliarios de agua potable en lima metropolitana. Tesis Lic. Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. p. 12, 33.
- Alfaro, O. 2017. Evaluación del sistema de tratamiento para la remoción de hierro y manganeso en agua de abastecimiento de la colonia Guadalupe, municipio de Tejutla departamento de Chalatenango (en línea). Tesis. M. Sc. San Salvador, El Salvador. Consultado 5 feb. 2020. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/13518/1/13101638.pdf>
- Alonso, J; Losch, L; Merino, L. 2005. Resistencia antimicrobiana en cepas de *Pseudomonas aeruginosa* aisladas de fuentes de agua de la Provincia del Chaco (Argentina). Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Instituto de Medicina Regional UNNE, Corrientes, Argentina. 14 p.
- Álvarez, B; Andrade, B; Calvo, R; Marinero, D; Rodríguez. 2003. Contaminación por arsénico en aguas subterráneas en la provincia de Valladolid: variaciones estacionales. Estudios de la zona no saturada del suelo (en línea). Consultado 5 oct. 2020. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237568157>

Álvares, J; Jarbough, W; Mathison, J; Millán, F. 2003. Estudio comparativo de la dureza del agua en el estado Mérida y algunas localidades del centro y occidente de Venezuela (en línea). Consultado 12 dic. 2019. p. 40. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/viewFile/366/376>

Amaya, L; Cortez, C; Ibarra, A; Morán, R; Ramos, R. 2006. Elementos básicos para la gestión sustentable de las cuencas hidrográficas en El Salvador: Una propuesta metodológica para la participación comunitaria (en línea). El Salvador. p. 17-18, 21, 29. Consultado 9 mar. 2019. Disponible en: <http://www.unes.org.sv/wp-content/uploads/2017/02/Cuencas-Hidrogr%C3%A1ficas-en-El-Salvador.pdf>

ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, El Salvador). 2010. Sistemas de abastecimiento de agua potable en El Salvador: Boletín estadístico 2010 (en línea). San Salvador, El Salvador. p. 2. Consultado 4 abr. 2019. Disponible en: <http://www.anda.gob.sv/wp-content/uploads/2015/03/boletin-estadistico-2010.pdf>

Anzil, F. 2009. Recursos naturales (en línea). Consultado 7 mar. 2019. Disponible en: <https://www.econlink.com.ar/definicion/recursosnaturales.shtml>

APHA, AWWA y WPCF. (Asociación Americana de Salud Pública, Estados Unidos; Asociación Americana de Servicios de Aguas, Estados Unidos; Federación para el Control de la Contaminación de Agua, Estados Unidos). 1992. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (en línea). Universidad Hodges, Estados Unidos. Consultado 15 sep. 2021. Disponible en: <https://ads.hodges.edu/ads/ls/>

Araujo, C. 2010. Cuantificación de plomo, mercurio y cadmio en agua de consumo humano de cinco comunidades de El Salvador por espectrofotometría de absorción atómica (en línea). Consultado 22 feb. 2020. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/2370/1/Cuantificaci%C3%B3n_de_plomo%2C_mercurio_y_cadmio_en_agua_de_consumo_humano_de_cinco_comunidades_de_El_Salvador_por_espectrofotometr%C3%ADa_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica.pdf

Arauzo, M; Cedenilla, O; Noreña, C; Rivera, M; Valladolid, M. 2003. Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama (en línea). Guadalajara, España. 14 p. Consultado 21 ene. 2020. Disponible en: <https://digital.csic.es/bitstream/10261/35521/1/Cromo%20en%20Jarama%2c%20Limnetica%202003%20%2822%29%2087-100.pdf>

Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 1988. Código de Salud. (en línea). El Salvador. Consultado en 30 de nov. de 2021 Disponible en: file:///C:/Users/mjhon/Downloads/codigo_de_salud.pdf

Asamblea Legislativa de la República de El Salvador. 2020. Código de Salud (en línea). Consultado 07 sep. 2021. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/ley/codigo_de_salud.pdf

ATSDR (Asociación para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Estados Unidos de América). 1999. Resumen de la salud pública: Mercurio (en línea). 20 p. Consultado 13 feb. 2020. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs46.pdf

ATSDR (Asociación para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Estados Unidos de América). 2008. Resumen de la salud pública: Níquel (en línea). 8 p. Consultado 2 oct. 2020. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs15.pdf

ATSDR (Asociación para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, Estados Unidos de América). 2012. Resumen de la salud pública: Cadmio (en línea). 10 p. Consultado 13 feb. 2020. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.pdf

Aurazo, M. 2004. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida (en línea). Lima, Perú. Consultado 7 mar. 2013. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf>

- Azario, R; García, M; Marco, L; Metzler, C. 2004. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). p. 73. Consultado 12 ene. 2020. Disponible en: [https://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://www.salud-publica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Banco Mundial. s. f. El agua en la agricultura (en línea). Washington D. C., Estados Unidos de América. Consultado 27 oct. 2020. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>
- Barrenechea, A. 2009. Aspectos físicos de la calidad del agua (en línea). Consultado 3 abr. 2019. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/tomol/uno.pdf>
- Berardozi, E; Difeo, G; Farfan, M; Frangie, S; García, F; Herkovits, J; Ingallinella, A; Litter, M; Olmos, V; Savio, M; Schalamuk, I; Taylor, S. 2018. Arsénico en agua (en línea). Consultado 16 ene. 2020. 174 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Valentina_Olmos/publication/327075145_Arsenico_en_agua/links/5b76cd1ba6fdcc0d4ee252a1/Arsenico-en-agua.pdf
- Berdegú, J; Escobar, G; Reardon, T. s. f. Mejores prácticas y estrategias de intervención para fomentar la generación de empleo rural no agrícola en América Latina (en línea). Chile. p. 7. Consultado 18 dic. 2020. Disponible en: http://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/135914295015.pdf
- Brull, F; Gutiérrez, C; Jiménez, J. 2015. El análisis organoléptico del agua de consumo utilizando microsensors (en línea). Consultado 05 sep. 2021. Disponible en: <file:///C:/Users/BioSistemas/Downloads/articulo-tecnico-analisis-organoleptico-agua-consumo-humano-microsensores-tecnoaqua-es.pdf>

- Bonilla, B. 2015. Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador. Tesis M. Sc. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. p. 32-35.
- Brady, M. 2009. Comité de enfermedades infecciosas, 2008-2009 (en línea). Estados Unidos. Consultado 8 ene. 2021. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-consumo-agua-pozos-particulares-riesgos-13139825>
- Cabrera, A; Pacheco, J. 2003. Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. Fuentes naturales (en línea). Universidad Autónoma de Yucatán, México. 54 p. Consultado 13. dic 2019. Disponible en: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/fuentes.pdf>
- Carbotecnia. 2020. El Cobre en el agua (en línea). Jalisco, México. Consultado 18 ene. 2020. Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/cobre/>
- Carranza, F. 2015. Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano. Tesis M. Sc. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. p. 13.
- Carmona, L; Velázquez, R. 2017. Laboratorio de bioquímica clínica (en línea). México. Consultado 10 sep. 2021. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Gasometria_33929.pdf
- Carrillo, E; Pérez, B. 2000. Desarrollo Local: manual de uso (en línea). Madrid, España. p. 48. Consultado 7 abr. 2020. Disponible en: https://books.google.com.sv/books?id=ocex43_9kN8C&printsec=frontcover&dq=desarrollo+local:+manual+de+uso&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjJvfPx1ILhAhUOpFkKHMODK8Q6AEIJzAA#v=onepage&q=desarrollo%20local%3A%20manual%20de%20uso&f=false

Castrejón, M; Ortiz, M; Sánchez, E. 2014. Contaminación urbana: aspectos fisicoquímicos, microbiológicos y sociales (en línea). Universidad Autónoma del Estado Morelos, México. p. 20-21. Consultado 7 ene. 2021. Disponible en: https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2014_LIBRO_CONTAMINACION%20URBANA%20DEL%20AIRE.%20ASPECTOS%20FISICOQUIMICOS%20MICROBIOLOGICOS%20Y%20SOCIALES.pdf

COEM (Comité de Emergencia Municipal, El Salvador). 2004. Plan de Mitigación y Uso de Tierras en San Luis Talpa (en línea). 15 p. Consultado 19 dic. 2020. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc15413/doc15413-1.pdf>

Corilloclla, L; Raquel, L. 2012. Remoción del manganeso para mejorar la calidad de las aguas de consumo humano en la Laguna Azulcocha (en línea). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. p. 47. Consultado 19 dic. 2021. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1084>

Coronado, V; Graniel, E; Pacheco, A. 2009. Origen de los sulfatos en el agua subterránea del sur de la sierrita de Ticul, Yucatán (en línea). Universidad Autónoma de Yucatán, México. 10 p. Consultado 5 ene. 2020. Disponible en: http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen13/origen_sulfatos.pdf

Corte Suprema de Justicia de El Salvador. 1980. Ley de Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (en línea). El Salvador. Consultado 02 dic. 2021. Disponible en: <https://www.anda.gob.sv/wp-content/uploads/2015/03/ley-de-anda.pdf>

CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, España). s. f. Riesgo de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales (en línea). Consultado 20 dic. 2020. Disponible en: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/contenido/capitulo13.html>

DB-CITY (Loire, Francia). 2019. San Luis Talpa (en línea). Consultado 6 may. 2019. Disponible en: <https://es.db-city.com/El-Salvador--La-Paz--San-Luis-Talpa>

- Delgado, S; Morales, F. 2015. Detección de *Pseudomona aeruginosa* y bacterias heterótrofas de aguas envasadas en botellas y bolsas destinadas al consumo humano, comercializadas en la ciudad de Managua en el período diciembre 2014 a enero 2015 (en línea). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. p. 20. Consultado 18 dic. 2020. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/1029/1/58359.pdf>
- Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC, El Salvador). 2020. Encuesta de Hogares de Propósitos Múltiples 2019. Fuentes de agua (en línea). Consultado 02 dic. 2021. Disponible en: [file:///C:/Users/BioSistemas/Downloads/Encuesta de Hogares EHPM 2019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/BioSistemas/Downloads/Encuesta_de_Hogares_EHPM_2019%20(1).pdf)
- DOH (Departamento de Salud de Washington, Estados Unidos de América). 2017. Advertencia de salud pública: *E. coli* (en línea). Consultado 18 dic. 2020. Disponible en: <https://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/331-179s.pdf>
- Durán, J; Torres, A. 2006. Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media (en línea). Universidad de Guadalajara, México. 34 p. Consultado 8 ene. 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/espinal/v12n36/v12n36a5.pdf>
- Econlink. 2008. Recursos Renovables (en línea). Consultado 22 sep. 2020. Disponible en: <https://www.econlink.com.ar/recursos-renovables>
- Elsevier. 2009. Consumo de agua de pozos particulares y riesgos para los niños: tipos de pozos (en línea). Ámsterdam, Países Bajos. Consultado 8 ene. 2021. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-consumo-agua-pozos-particulares-riesgos-13139825>
- EPA (Agencia de Protección Ambiental, Estados Unidos de América). 2017. Información básica sobre el plomo en el agua potable (en línea). Consultado 13 feb. 2020. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-plomo-en-el-agua-potable>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). s. f. Los desafíos de la escasez y el cambio climático (en línea). 2 p. Consultado 9 mar. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i0765s/i0765s13.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. Empleo rural decente: Condiciones de trabajo (en línea). Consultado 18 dic. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/rural-employment/work-areas/working-conditions/es/>

FCEA (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., México). 2017a. Agua en el planeta (en línea). Consultado 7 may. 2019. Disponible en: <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>

FCEA (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., México). 2017b. Contaminación del agua (en línea). Consultado 29 jun. 2019. Disponible en: <https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua/>

FCEA (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental A.C., México). 2017c. Cuencas hidrográficas (en línea). Consultado 28 jun. 2019. Disponible en: <https://agua.org.mx/que-es-una-cuenca/>

Fernández, J; Flores, M; Galindo, M; Herrero, M. s. f. Correlación de Metales Trazas en Aguas Subterráneas Someras en la cuenca del río Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina (en línea). Consultado 3 mar. 2021. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/36037904.pdf>

Fernández, M; Vásquez, Y. 2006. Origen de los nitratos y nitritos y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas (en línea). Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba. 9 p. Consultado 16 dic. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/237030106_Origen_de_los_nitratos_NO3_y_nitritos_NO2_y_su_influencia_en_la_potabilidad_de_las_aguas_subterranas/fulltext/02c55c790cf2c8928ccb6a5/Origen-de-los-nitratos-NO3-y-nitritos-NO2-y-su-influencia-en-la-potabilidad-de-las-aguas-subterranas.pdf

FONAES (Fondo Ambiental de El Salvador). 2015. Disponibilidad del agua en El Salvador (en línea). Consultado 7 may. 2019. Disponible en: <http://fonaes.gob.sv/index.php/temas/recurso-hidrico/>

FONAES (Fondo Ambiental de El Salvador). s. f. Recurso hídrico (en línea). Consultado 5 ene. 2021. Disponible en: http://fonaes.gob.sv/?page_id=555#:~:text=El%20agua%20en%20El%20Salvador,el%20mal%20uso%20que%20se

Franyutti, F; Martínez, V; Reyes, A; Domínguez, G. 2014. Muestreo y Técnicas para la determinación de sulfatos (en línea). Universidad Veracruzana “Campus Coatzacoalcos”. Veracruz, México. 10 p. Consultado 20 sep. 2021. Disponible en: <https://es.slideshare.net/victorjimenez980/muestreo-y-tnicas-para-la-determinacin-de-sulfatos>

Fuentes, R; Tenorio, D. 2014. Aplicación de métodos analíticos normalizados para determinar hierro total (Fe), Cloruro (Cl-) y Nitritos (NO₂-) en muestras de agua potable del pozo de la UNAN-Managua y la abastecida por ENECAL (en línea). Tesis. Lic. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Consultado 21 feb. 2020. Disponible en: <http://repositorio.unan.edu.ni/5286/1/68964.pdf>

García, R; Palma, A; Sánchez, A. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales: el concepto (en línea). Ciudad de México, México. p. 9. Consultado 8 mar. 2019. Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf

Góez, G. 1982. Manual práctico de extensión rural. Capítulo 1: Aspectos generales (en línea). Bogotá, Colombia. p. 1. Consultado 14 abr. 2019. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/54/2/27_-_1_Capi_1.pdf

GOIB (Gobierno de las Islas Baleares, España). s. f. Salud ambiental: sulfatos (en línea). Consultado 14 ene. 2020. Disponible en: <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>

- Gómez, A; Hernández, G; Hernández, S; Juárez, P. 2017. Determinación de hierro y manganeso en el agua subterránea del municipio de Apan, Hidalgo, México (en línea). Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, México. Consultado 27 oct. 2020. Disponible en: http://reaxion.utleon.edu.mx/Art_Determinacion_de_hierro_y_manganeso_en_el_agua_subterranea_del_municipio_de_Apan_Hidalgo_Mexico.html
- González, H; Severiche, C. 2013. Verificación analítica para las determinaciones de cromo hexavalente en aguas por espectrofotometría (en línea). Cartagena, Colombia. 5 p. Consultado 21 ene. 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4694625.pdf>
- González, J. 2013. Efectos de la calidad del agua en salud y producción avícola (en línea). Bogotá, Colombia. p. 31. Consultado 9 mar. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264084094_Efectos_de_la_calidad_del_agua_en_salud_y_produccion_avicola
- Goya, A; Wilde, O. 1997. Calidad bacteriológica de las aguas en plantas faenadotas de la Provincia de Tucumán (en línea). Tucumán, Argentina. Consultado 29 sep. 2020. Disponible en: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/download/2779/2460>
- Grupo EOZ (Instituto de Tecnologías Rurales, México). 2016. Aluminio en el agua y sus efectos a la salud (en línea). Consultado 13 ene. 2020. Disponible en: <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/144060167-aluminio-en-el-agua-y-sus-efectos-a-la-salud>
- Guerrero, J. 2010. Cianuro: toxicidad y destrucción biológica (en línea). Lima, Perú. 25 p. Consultado 14 dic. 2019. Disponible en: <https://es.slideshare.net/bioperujgr/cianuro-toxicidad-y-destruccion-biologica>
- Hernández, I; Boluma, F; Gil, A. 2005. Concepto y funciones de la salud pública, Manual de Epidemiología y Salud Pública (en línea). Chile. Consultado 15 sep. 2021. Disponible en: <https://sintesis.med.uchile.cl/index.php/profesionales/informacion-para-profesionales/medicina/condiciones-clinicas2/otorrinolaringologia/745-7-01-3-001>

Hernández, V; Trejo, R. 2004. Riesgos a la salud por presencia de aluminio en agua potable (en línea). 2 p. Consultado 14 feb. 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94402508.pdf>

Herrera, P. 2012. Determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de pozo para el consumo humano en las comunidades la arenera, San José y el progreso del municipio de Concepción Batres en el departamento de Usulután (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado 5 feb. 2020. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/2836/1/Trabajo%20Final.pdf>

Hidroquil. 2019. Efectos de la salud del hierro en el agua (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 21 dic. 2020. Disponible en: <https://www.hidroquil.com.ar/efectos-en-la-salud-del-hierro-en-el-agua/#:~:text=Efecto%20en%20la%20salud%20del%20exceso%20de%20hierro&text=Los%20primeros%20s%C3%ADntomas%20incluyen%20fatiga,del%20h%C3%ADgado%20y%20la%20diabetes.>

Higiene Ambiental. 2019a. Color del agua, parámetro indicador de calidad (en línea). Consultado 23 dic. 2019. Disponible en: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>

Higiene Ambiental. 2019b. La turbidez del agua potable se asocia a un aumento de enfermedades gastrointestinales (en línea). Consultado 23 dic. 2019. Disponible en: <https://higieneambiental.com/tratamiento-de-aguas-y-legionella/la-turbidez-del-agua-potable-se-asocia-a-un-aumento-de-enfermedades-gastrointestinales>

IPCS (Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas, Estados Unidos de América). 2000. Criterios de salud ambiental (en línea). Consultado 16 feb. 2020. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/boro/index.htm>

Jiménez, F. 2010. Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas (en línea). Turrialba, Costa Rica. CATIE. Consultado 7 mar. 2019. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/106224773/La-cogestion-de-cuencas-hidrograficas-2010>

- Laínez, K; Trejo, W. 2012. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, Municipio de San Miguel, departamento de San Miguel (en línea). Tesis. Lic. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. Consultado 5 de feb. 2020. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/2231/1/iii_evaluacion.pdf
- López, C; Reyes, O. 2012. Propuesta de elaboración de un filtro para el tratamiento de Boro en aguas residuales provenientes de la GEO Ahuachapán. Efectos del Boro (en línea). Tesis. Lic. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. p. 21, 22. Consultado 16 ene. 2020. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2248/1/propuesta_de_elaboracion_de_un_filtro_para_el_tratamiento_de_boro_en_aguas_residuales_proveniente.pdf
- Marchand, E. 2001. Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima Metropolitana (en línea). Consultado 23 ene. 2020. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/basic/marchand_p_e/anteced.htm
- Marín, R. s. f. Características físicas, químicas y biológicas de las aguas. Compuestos de Carbono (en línea). Córdoba, Argentina. Consultado 12 dic. 2019. p. 8. Disponible en: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente48099.pdf>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2011. Disponibilidad del agua en El Salvador (en línea). Consultado 07 may. 2019. Disponible en: <http://fonaes.gob.sv/index.php/temas/recurso-hidrico/>
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2013. Estrategia Nacional del Medio Ambiente (ENMA). Derecho al agua potable y saneamiento (en línea). Consultado 02 dic. 2021. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/estrategia-nacional-de-recursos-hidricos-2/>
- Martín, I. 2004. Riesgo sanitario por presencia de *Pseudomonas aeruginosa* en el agua para consumo (en línea). Consultado 21 feb. 2020. Disponible en: http://observatorioconurbano.ungs.edu.ar/Tesis%20de%20ecologia/2004_IreneMartin.pdf

Medina, G. 1981. Integración y Coordinación: Requisitos para el Desarrollo Rural Integrado. México. CREFAL. 45 p.

Medina, M; Velásquez, A. 2015. Evaluación de la calidad el agua en la comunidad “La Mora”, La Dalia en el mes de diciembre (en línea). Tesis. Lic. Managua, Nicaragua. Universidad Centroamericana. p. 66. Consultado 22 feb. 2020. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/35144621.pdf>

MINSAL (Ministerio de Salud, El Salvador). 2014. Manual General de Descripción de Puestos de Trabajo: Tomo III (en línea). Consultado 02 dic. 2021. Disponible en: http://asp.salud.gob.sv/regulacion/pdf/manual/manual_general_descripcion_puestos_1405_2014_tomolll.pdf

MINSAL (Ministerio de Salud, El Salvador). 2018a. Enfermedad Renal Crónica: perfil epidemiológico en El Salvador y Centroamérica (en línea). Consultado 12 feb 2020. Disponible en: https://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/cursos/Becas/Curso_UISP-8-2018/presentaciones/dia5_presentaciones28112018/002-Panel-DSS-Carlos-Orantes.pdf

MINSAL (Ministerio de Salud, El Salvador). 2018b. Plan de Seguridad del Agua (en línea). Consultado 07 sep. 2021. Disponible en: <http://usam.salud.gob.sv/index.php/inicio/584>

MINSAL-OSARTEC (Ministerio de Salud, El Salvador y Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria “NSO 13.07.02:08. Agua. Agua Envasada”. San Salvador, El Salvador. 33 p.

MINSAL-OSARTEC (Ministerio de Salud, El Salvador y Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica). 2018. Reglamento Técnico Salvadoreño “RTS 13.02.01:14 Agua. Agua de Consumo Humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad”. San Salvador, El Salvador. 22 p.

- Molina, C. 2013. Validación de la técnica para determinación de molibdeno y cromo en agua residual, tratada, cruda y de níquel en agua residual mediante espectrometría de absorción atómica por llama directa para el laboratorio de análisis de agua y alimentos UTP (en línea). Consultado 21 feb. 2020. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/5aa5/6379d164ae52523949cea7915bae50c1f05a.pdf>
- Mora, D. 1996. Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, Perú. CEPIS. 14 p.
- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, El Salvador). 2004. Norma técnica sanitaria para la instalación, uso y mantenimiento de letrinas secas sin arrastre de agua (en línea). p. 7. Consultado 7 ene. 2021. Disponible en: [https://www.paho.org/els/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1072-norma-letrinas-secas&category_slug=licitaciones&Itemid=364#:~:text=i\)%20La%20localizaci%C3%B3n%20de%20la,modificada%20con%20direcci%C3%B3n%20de%20la](https://www.paho.org/els/index.php?option=com_docman&view=download&alias=1072-norma-letrinas-secas&category_slug=licitaciones&Itemid=364#:~:text=i)%20La%20localizaci%C3%B3n%20de%20la,modificada%20con%20direcci%C3%B3n%20de%20la)
- OIT (Organización Internacional del Trabajo, Suiza). 1993. Guía sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos (en línea). Consultado 27 oct. 2020. p. 34-37. Disponible en: https://www.ilo.org/safework/info/instr/WCMS_235707/lang--es/index.pdf
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2006. Guías para la calidad del agua potable: Selección de parámetros para el monitoreo operativo (en línea). p. 65. Consultado 7 ene. 2021. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2017. Enfermedades transmitidas por el agua (en línea). Consultado 30 oct. 2019. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2018a. Agua: agua y salud (en línea). Consultado 7 may. 2019. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2018b. Epidemiología (en línea). Consultado 07 sep. 2021. Disponible en: <http://www.who.int/topics/epidemiology/es/>

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2020. Arsénico: efectos en la salud (en línea). Consultado 17 dic. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20prolongada%20al%20ars%C3%A9nico,enfermedades%20cardiovasculares%2C%20neurotoxicidad%20y%20diabetes.>

OMS (Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2019. Servicios de suministro de agua potable (en línea). Consultado 07 sep. 2021. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

OMS y UNICEF (Organización Mundial de la Salud, Suiza; Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, Estados Unidos). 2015. El agua y la salud (en línea). Consultado 07 sep. 2021. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio de la FAO riego y drenaje. Roma, Italia. FAO. 116 p.

ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos de América). 2010. Decenio del Agua: el derecho humano al agua y al saneamiento (en línea). Consultado 7 ene. 2021. Disponible en: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml#:~:text=El%2028%20de%20julio%20de,de%20todos%20los%20derechos%20humanos.

ONU-DAES (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, Estados Unidos de América). 2014. Decenio Internacional para la Acción “El agua fuente de vida” 2005-2015: Calidad del agua (en línea). Consultado 29 mar. 2019. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

OPS-OMS (Organización Panamericana de la Salud, El Salvador y Organización Mundial de la Salud, Suiza). 2013. Apoyo de OPS/OMS ante incremento de insuficiencia renal en El Salvador (en línea). Consultado 28 jul. 2019. Disponible en: https://www.paho.org/els/index.php?option=com_content&view=article&id=121:apoyo-ops-oms-ante-incremento-insuficiencia-renal-salvador&Itemid=291

Palomo, A; Prudencio, C; Ticas, R. 2017. Epidemiología de la Enfermedad Renal Crónica en El Salvador. En línea. 6 p. Consultado 12 feb 2021. Disponible en: <http://archivos.colegiomedico.org.sv/wp-content/uploads/2017/01/Epidemiologi%CC%81a-de-ERC-en-El-Salvador-2-21.pdf>

Plimmer, J. s. f. Productos químicos para la agricultura (en línea). p. 13-16. Consultado 27 oct. 2020. Disponible en: https://www.iaea.org/sites/default/files/26205481316_es.pdf

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos de América). s. f. (En línea). Objetivos del desarrollo sostenible. Consultado 27 oct 2020. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos de América). 2019a. Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento (en línea). Consultado 28 feb. 2019. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos de América). 2019b. Objetivos de Desarrollo Sostenible. ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible? (en línea). Consultado 28 feb. 2019. Disponible en: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Pradillo, B. 2016. Parámetros de control del agua potable. Características físicas (en línea). España. Consultado 4 ene. 2020. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

- Procasur. 2013. Juventudes rurales en El Salvador: migración urbana (en línea). p. 28. Consultado 5 ene. 2021. Disponible en: <http://juventudruralemprendedora.procasur.org/wp-content/uploads/2013/11/Juventudes-Rurales-el-salvador.pdf>
- Rivera, B; Rock, C. 2014. La calidad del agua, *E. coli* y su salud (en línea). Arizona, Estados Unidos de América. 55 p. Consultado 13 feb. 2020. Disponible en: <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- Rocha, E. 2000. Principios básicos de espectroscopía (en línea). Chihuahua, México. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ediciones UACH. 212 p. Consultado 7 jul. 2019. Disponible en: https://books.google.com.sv/books/about/Principios_b%C3%A1sicos_de_espectroscop%C3%ADa.html?id=KB5VAAAACAAJ&redir_esc=y
- Rodríguez, C. 2007. Dureza Total en agua con EDTA por Volumetría (en línea). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. 12 p. Consultado 20 sep. 2021. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Dureza+total+en+agua+con+EDTA+por+volumetr%C3%ADa.pdf/44525f65-31ff-482e-bbf6-130f5f9ce7c3>
- Rodríguez, E. 1996. Perspectivas de la capacidad de extensionistas y de pequeños productores de café para el aprendizaje y el cambio tecnológico. Tesis M. Sc. Puebla, México. Instituto de socioeconomía, estadística e informática. p. 89.
- Sierra, C. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Bogotá, Colombia. Digiprint. 457 p.
- Tello, D; Tello, L. 2015. Capacitación en área rural que es básica para una productividad beneficiosa (en línea). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 8 p. Consultado 18 dic. 2020. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171149.pdf>

UJA (Universidad de Jaén, España). 2005. Análisis de agua (en línea). Consultado 6 feb. 2020. Andalucía, España. p. 29, 37, 38. Disponible en: http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf

UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2009. Manual de prácticas bioquímica clínica. Método fotométrico (en línea). Ciudad de México, México. p. 47. Consultado 8 jul. 2019. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/manualbioquimicaclinica_10817.pdf

Vinueza, S. 2015. Comparación entre las pruebas enzima-sustrato definido “Colilert” y tubos múltiples “Fluorocult” para el diagnóstico de *Escherichia coli* y Coliformes Totales en aguas tratadas (en línea). Tesis Ing. Biotecnología de los recursos naturales. Quito, Ecuador, UPS. Consultado 10 sep. 2021. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9366/1/UPS-QT07117.pdf>

8. Anexos

Anexo 1. Identificación de unidades de muestreo.



Pozo de muestreo N° 1.



Pozo de muestreo N° 2.



Pozo de muestreo N° 3.



Pozo de muestreo N° 4.



Pozo de muestreo N° 5.



Pozo de muestreo N° 6.

Anexo 2. Pozo comunitario del caserío El Hervedor.



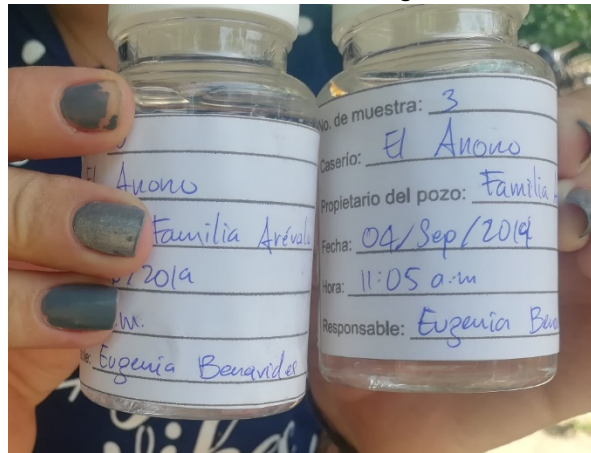
Anexo 3. Pozo comunitario del caserío El Anono.



Anexo 4. Recipientes utilizados para toma de muestras físico químico.



Anexo 5. Recipientes utilizados para muestras microbiológicas.



Anexo 6. Muestreo por medio de grifos.



Anexo 7. Muestreo por medio de cubetas.



Anexo 8. Viñetas para etiquetar muestras.

No.	Color aparente	Temperatura (°C)	Olor
<p>de muestra: 6</p> <p>Casario: Los Encuentros</p> <p>Propietario del pozo: Fam. Lora de Bonilla</p> <p>Fecha: 4 - Sep - 2019</p> <p>Hora: 12:12 MD.</p> <p>Responsable: Marcelo Choto</p>			

Anexo 9. Conservación de muestras.



Anexo 10. Análisis en campo con sonda multiparamétrica.



Anexo 11. Laboratorio CFI-ANDA.



Anexo 12. Laboratorio Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.



Anexo 13. Titulación de dureza (prueba para determinar la dureza del agua).



Anexo 14. Equipo para determinar metales.



Anexo 15. Análisis con uso del nefelómetro



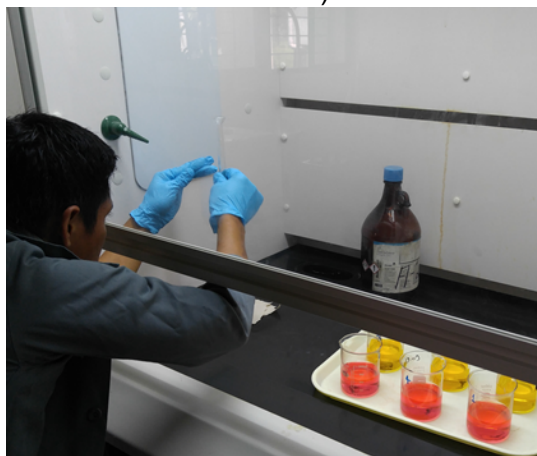
Anexo 16. Medición de muestra (prueba de sulfatos).



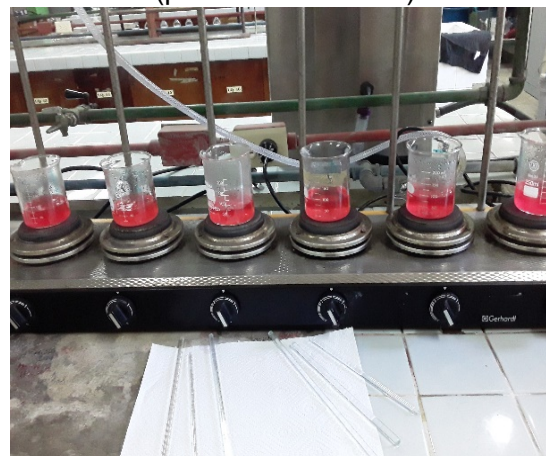
Anexo 17. Adición de anaranjado de Metilo (prueba de sulfatos).



Anexo 18. Adición de ácido (prueba de sulfatos)



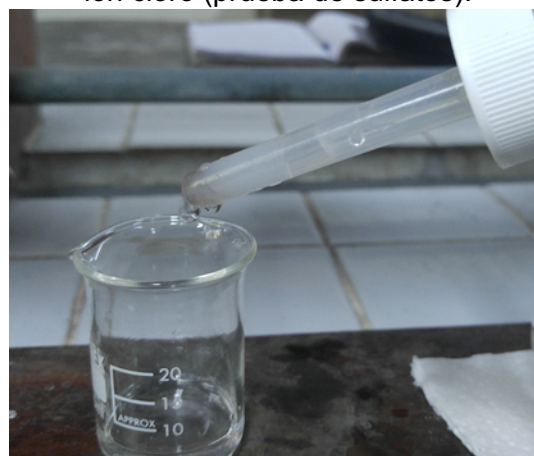
Anexo 19. Calentamiento de muestras (prueba de sulfatos)



Anexo 20. Filtrado de muestra (prueba de sulfatos)



Anexo 21. Comprobación de ausencia del ión cloro (prueba de sulfatos).



Anexo 22. Pesado de muestra (prueba de sulfatos).



Anexo 23. Desarrollo de entrevistas.



Anexo 24. Pozos cubiertos.



Anexo 25. Pozos descubiertos



Anexo 26. Sistema de agua sin uso.



Anexo 27. Evidencia de cercanía entre la letrina y el pozo.



Anexo 28. Productos químicos utilizados en el cultivo de caña de azúcar.

Productos químicos	Nombre del Producto	Formula química
Herbicidas preemergentes.	Alion (indaziflan)	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$
	Merlín (isoxaflutole + indaziflan)	$\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{F}_3\text{NO}_4\text{S}$ $\text{C}_{16}\text{H}_{20}\text{FN}_5$
Herbicidas pos emergentes	Ametrex (ametrin)	$\text{C}_9\text{H}_{17}\text{N}_5\text{S}$
	Karmex (diuron)	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{Cl}_2\text{N}_2\text{O}$
	Tordon (2-4 D+ picloran)	$\text{C}_8\text{H}_6\text{Cl}_2\text{O}_3$ $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3\text{N}_2\text{O}_2$
	Bristone (adherente)	
Insecticidas	Allectus (imidacloprid)	$\text{C}_9\text{H}_{10}\text{ClN}_5\text{O}_2$
	Conquest (thiametoxan + landalacelotrina)	$\text{C}_8\text{H}_{10}\text{ClN}_5\text{O}_3\text{S}$ $\text{C}_{23}\text{H}_{19}\text{ClF}_3\text{NO}_3$
Fertilizantes	18-22-7 + EM	N, P_2O_5 , K_2O , + Ca, Mg, S
	30-0-14	N, K_2O
	18-46-0	N, P_2O_5
	Sulfato de amonio	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
	Nitroxtend (urea)	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$

Fuente: datos proporcionados por Grupo El Ángel, San Salvador.

Anexo 29. Caracterización del agua de pozo por caserío (considerando el valor más alto obtenido entre todos los muestreos).

Parámetro	Unidad	Caserío		
		El Hervedor	El Anono	Los Encuentros
Bacterias Coliformes Totales	NMP/100 mL	>2,419.6	>2,419.6	1,046.2
<i>Echerichia coli</i>	NMP/100 mL	>2,419.6	101.7	44.3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	NMP/100 mL	980.4	1,119.9	119.8
Cianuro	mg/L	0.007	0.014	0.027
Color Aparente	Pt-Co	5.1	7.2	3.9
Dureza	mg/L	394.84704	331.42601	118.655
Nitratos	mg/L	33.54	5.82	5.5
Nitritos	mg/L	0.082	0.08	0.049
Olor	-	N/R	N/R	N/R
pH	-	6.44	6.56	6.64
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	440	557	233
Sulfatos	mg/L	209.814	234.498	86.394
Turbidez	UNT	2	2	2
Aluminio	mg/L	0.06	0.05	0.07
Arsénico	mg/L	0.04	0.05	0.04
Boro	mg/L	0.23	0.26	0.23
Cadmio	mg/L	N/D	N/D	N/D
Cobre	mg/L	N/D	0.0041	0.0197
Cromo	mg/L	0.0001045	0.0002488	0.0002237
Hierro	mg/L	0.2389	0.0531	0.0182
Manganeso	mg/L	0.1135	0.07373	0.12
Mercurio	mg/L	N/D	N/D	N/D
Níquel	mg/L	0.0035779	0.0033736	0.0030035
Plomo	mg/L	0.0085963	0.0014264	0.0014095
Zinc	mg/L	0.0035779	0.002	0.0283

Anexo 30. Resultados de los análisis químicos del laboratorio.



F - 09



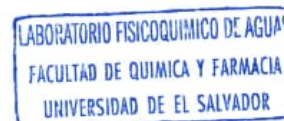
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FISCOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 1 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				N° DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-01	Pozo 01	NO DETECTADO	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.23 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.006 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			4.5 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			0.2 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.038 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
 - Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
 - El Laboratorio Fiscoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04-OCT 2019



Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Rosa Mirian Rivas de Lara
Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

María del Carmen Pólo Martínez
Lic. María del Carmen Pólo Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

acl

Anexo 31. Resultados de los análisis químicos del laboratorio.



F - 09



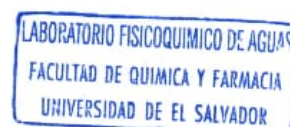
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 2 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				N° DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-02	Pozo 02	0.03 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.23 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.006 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			3.2 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			21.7 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.082 mg/L	3 mg/L
Observaciones:					
- La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

- NOTA:** - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
 - Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
 - El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04 OCT 2019



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirán Rojas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ack

Anexo 32. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FISCOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 3 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					Nº DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-03	Pozo 03	0.01 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.26 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.013 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			7.2 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			5.9 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.043 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas_sqc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04 OCT 2019

LABORATORIO FISCOQUIMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Pofio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

acé

Anexo 33. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 4 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				N° DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-04	Pozo 04	0.02 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.19 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.014 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			3.4 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			1.25 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.08 mg/L	3 mg/L
Observaciones:					
- La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sqc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04 OCT 2019

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Pofio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

aef*

Anexo 34. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



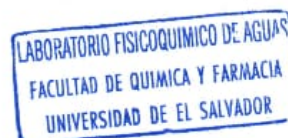
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 5 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					N° DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-05	Pozo 05	0.01 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.23 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.027 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			3.9 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			2.07 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.032 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas_sgc_lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04 OCT 2019



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

act*

Anexo 35. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



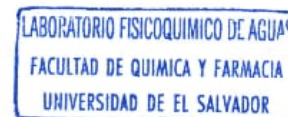
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 26-19		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: MARCELO DAVID CHOTO. CALLE ZACAMIL, URBANIZACIÓN METROPOLIS 1, BLOCK G, CASA # 1. MEJICANOS SAN SALVADOR.					Pág. 6 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					Nº DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. SAN LUIS TALPA.					
Fecha de elaboración del informe: MARTES, 01 DE OCTUBRE DE 2019.					
Fecha de recepción de muestra: 24 DE SEPTIEMBRE DE 2019.			Fecha de Análisis: DEL 24 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2019		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	26-19-06	Pozo 06	0.01 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.19 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.001 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			2.4 Pt - Co	15 Pt - Co
Mercurio	Potenciométrico			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			5.5 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.049 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 04 OCT 2019



Henry Alfredo Hernández Contreras
Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Rosa Milán Rivas de Lara
Lic. Rosa Milán Rivas de Lara
Analista

María del Carmen Polio Martínez
Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ack

Anexo 36. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA. COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 1 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					N° DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-01	01	NO DETECTADO	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.17 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.007 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			3.5 Pt-Co	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			0.13 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.044 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sqc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ack

Anexo 37. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

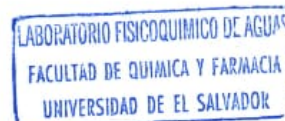
CODIGO N° 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA. COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 2 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					N° DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-02	02	0.06 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.15 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.007 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			5.1 Pt-Co	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			33.54 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.031 mg/L	3 mg/L
Observaciones:					
- La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas_sgc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Folio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ack[®]

Anexo 38. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

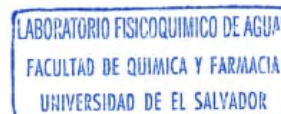
CODIGO N° 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA. COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 3 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.					N° DE MUESTRAS: 6
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-03	03	0.02 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.13 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.007 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			5.8 Pt-Co	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			5.82 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.035 mg/L	3 mg/L
Observaciones:					
- La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sqc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ac6*

Anexo 39. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO Nº 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA. COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 4 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				Nº DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-04	04	0.05 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.12 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.006 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			3.5 Pt-Co	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			0.21 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.036 mg/L	3 mg/L
Observaciones:					
- La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas_sqc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista




Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

act

Anexo 40. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.

F - 09


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS


CODIGO N° 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA, COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 5 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				N° DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-05	05	0.01 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.16 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.007 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			2.7 Pt-Co	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			1.15 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.028 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					


Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.
 - Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
 - El Laboratorio Físicoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas_sgc_lfqa@gmail.com

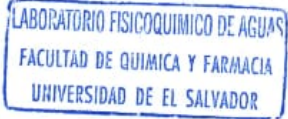
FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020


 Lic. Rosa Mirian Rivas de Lara
 Analista


 Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
 Jefe del Laboratorio y Analista


 Lic. María del Carmen Pofio Martínez
 Analista

FIN DEL REPORTE



ach

Final Avenida "Mártires Estudiantes del 30 de julio", Ciudad Universitaria, San Salvador, El Salvador, C.A.
 Teléfono Directo: 2531-2948. Correo electrónico: labfqa_ues@yahoo.com

Anexo 41. Resultados de los análisis químicos de laboratorio.



F - 09



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FISCOQUÍMICO DE AGUAS

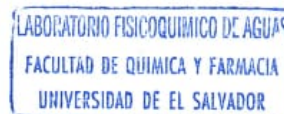
CODIGO Nº 02-20		INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: ENRIQUE ALEJANDRO PINEDA ZALDAÑA. COLONIA EL REFUGIO. CIUDAD UNIVERSITARIA.					Pág. 6 de 6
Descripción de muestra: AGUA DE POZO.				Nº DE MUESTRAS: 6	
Lugar de toma de muestra: SAN LUIS TALPA. CANTON SAN FRANCISCO AMATEPE. DEPARTAMENTO DE LA PAZ.					
Fecha de elaboración del informe: JUEVES, 06 DE FEBRERO DE 2020.					
Fecha de recepción de muestra: 27 DE ENERO DE 2020.			Fecha de Análisis: DEL 27/01/20 AL 05/02/2020.		
Parámetros	Método de Análisis	Identificación de la Muestra		Resultados	Agua. Agua de consumo humano. Requisitos de Calidad e Inocuidad RTS 13.02.01:14
		CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
Aluminio	Fotométrico	02-20-06	06	0.07 mg/L	0.2 mg/L
Boro	Fotométrico			0.14 mg/L	2.4 mg/L
Cianuro	Fotométrico			0.007 mg/L	0.07 mg/L
Color	Fotométrico			NO DETECTADO	NO REGLAMENTADO
Mercurio	Ion Selectivo			NO DETECTADO	0.006 mg/L
Nitrato	Fotométrico			2.58 mg/L	50 mg/L
Nitritos	Fotométrico			0.037 mg/L	3 mg/L
Observaciones: - La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.					

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: - El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio.

- Se especificará en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.
- El Laboratorio Fiscoquímico de Aguas pone a su disposición la siguiente dirección electrónica para que reporte alguna no conformidad al servicio prestado: quejas.sgc.lfqa@gmail.com

FECHA DE ENTREGA: 07 FEB 2020



Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras
Jefe del Laboratorio y Analista

Lic. Rosa Mirán Rivas de Lara
Analista

Lic. María del Carmen Polio Martínez
Analista

FIN DEL REPORTE

ack

Anexo 42. Formato de la encuesta utilizada para realizar las entrevistas.

<p>Universidad de El Salvador</p> <p>Facultad de Ciencias Agronómicas</p> <p>Departamento de Desarrollo Rural</p>
<p>Encuesta sobre:</p> <p>“Caracterización del agua de pozos para consumo humano en tres caseríos del cantón San Francisco Amatepe, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz, El Salvador”</p>
<p>La encuesta tiene como propósito, conocer las prácticas de uso y manejo del agua y suelo que realizan los habitantes de los caseríos en estudio, además de las condiciones socioeconómicas bajo las que utilizan dichos recursos, estado de la fuente, tratamientos del agua de pozo, servicios domésticos con los que cuenta cada familia. Este análisis permitirá realizar las recomendaciones convenientes para el bienestar de los habitantes.</p>
<p>Parte I. Datos generales.</p> <p>No. de encuesta: _____. Fecha: ____/____/____.</p> <p>Nombre del encuestado: _____. Sexo: <input type="checkbox"/> M. <input type="checkbox"/> F.</p> <p>Número de integrantes de la familia: M____, F____. Caserío: _____.</p>
<p>Parte II. Información de la fuente de agua.</p> <p>Coordenadas X: _____, Y: _____, Altitud: _____msnm.</p> <p>Fecha en que fue excavado el pozo: _____. Profundidad: _____m.</p> <p>Temperatura ambiente: _____° C. Temperatura del agua: _____° C.</p> <p>El pozo está protegido con techo: <input type="checkbox"/> Si. <input type="checkbox"/> No.</p> <p>¿A qué distancia (en tiempo) se encuentra el pozo de su hogar? _____.</p> <p>Distancia del pozo con posibles fuentes de contaminación superficial como:</p> <p><input type="checkbox"/> Bodega de agroquímicos: _____m. <input type="checkbox"/> Corral: _____m. <input type="checkbox"/> Letrina: _____m.</p> <p><input type="checkbox"/> Basurero: _____m. <input type="checkbox"/> Otros: _____.</p>
<p>Parte III. Uso y tratamiento del agua de pozo.</p> <p>Usos del agua:</p>

Consumo humano. Aseo personal. Cultivos agrícolas. Uso doméstico.

Otros: _____.

¿Realizan análisis de la calidad del agua? Si. No.

En caso afirmativo, mencione los análisis que realizan, con qué frecuencia y quién los realiza: _____

¿El agua recibe tratamiento antes de usarse? Si. No.

En caso afirmativo, mencione el uso, tratamiento y frecuencia con que se realiza: _____

Parte IV. Uso y tratamiento del agua potable.

¿Cuenta con servicio de agua potable en su hogar? Si. No.

(En caso negativo, proceder a la parte V).

¿Con qué frecuencia cuenta con el servicio de agua potable?

_____ horas/día. _____ días/semana.

¿Cómo almacena el agua? _____

¿Cuánto paga por el servicio mensualmente? _____.

En caso que conozca, ¿cuánto es el costo por metro cúbico (m³)? _____.

¿Cuenta con medidor del servicio de agua potable? Si. No.

¿Quién es el proveedor del servicio de agua potable? _____.

¿Conoce la ubicación de la fuente del servicio de agua potable? Si. No.

¿Cómo califica el servicio de agua potable? Bueno. Regular. Malo.

Parte V. Evaluación socio-económica.

¿Trabaja usted? Si. No. ¿En qué lugar trabaja? _____

¿Cuenta con servicio de energía eléctrica en su hogar? Si. No.

¿Organizaciones Gubernamentales y No Gubernamentales (ONG) que trabajan en la comunidad?

Alcaldía. ADESCO. Ministerios: _____.

ONG's: _____.

Otras: _____.

¿Cuáles enfermedades son más comunes en su grupo familiar?

Enfermedades gastrointestinales. Enfermedades respiratorias.

Insuficiencia renal. Otras: _____.

Parte VI. Evaluación socio-agronómica.

¿Cultiva algún terreno? Si. No.

¿Cuánto tiempo tiene como habitante en esta parcela? _____.

¿Conoce para qué han utilizado el terreno en los últimos 30 años? _____

_____.

¿A qué tipo actividades se ha dedicado en su parcela en los últimos cinco años? Mencione:

Agrícolas: _____.

Pecuarías: _____.

¿Riega los cultivos que produce? Si. No.

En caso afirmativo, ¿con qué frecuencia? _____.

¿Utiliza productos químicos en sus cultivos? Si. No. ¿Cuáles? _____

_____.

Cuando aplica un producto químico, ¿usa equipo de protección? Si. No.

En caso afirmativo, mencione qué utiliza: _____.

¿Utiliza el agua de pozo para dar de beber a los animales? Si. No.

¿Ha recibido capacitaciones? Si. No.

¿Sobre qué temas? _____.

¿Quién los ha impartido? _____.