UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CERCANA A POZOS CIEGOS EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN 24 DE MAYO-MANABÍ

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del título de

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORES

CAZARES MOSQUERA KARLA ISABEL

CHÁVEZ ROMERO ALISSON STEPHANIE

TUTOR

ARCOS JÁCOME DIEGO ARMANDO

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, ARCOS JÁCOME DIEGO, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CERCANA A POZOS CIEGOS EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN 24 DE MAYO-MANABÍ**, realizado por las estudiantes CAZARES MOSQUERA KARLA ISABEL; con cédula de identidad N°0925809329 y CHÁVEZ ROMERO ALISSON STEPHANIE; con cédula de identidad N°0953022647 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Diego Arcos Jácome, M.Sc

Guayaquil, 23 de marzo del 2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CERCANA A POZOS CIEGOS EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN 24 DE MAYO-MANABÍ”, realizado por las estudiantes CAZARES MOSQUERA KARLA ISABEL Y CHÁVEZ ROMERO ALISSON STEPHANIE, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. DIEGO MUÑOZ NARANJO, M.Sc.
PRESIDENTE

ECO. ALEX IBARRA VELÁSQUEZ
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. DIEGO ARCOS JÁCOME
EXAMINADOR PRINCIPALIZADO

Guayaquil, 23 de marzo del 2022

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo principalmente a Dios, por permitirnos el haber llegado hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, a nuestros padres por ser el pilar más importante y por demostrarnos siempre su apoyo incondicional y a nosotras por la perseverancia y dedicación.

Agradecimiento

Primeramente, a DIOS, por ser nuestro guía y darnos la sabiduría y los medios para llevar a cabo este trabajo, a nuestros padres, por su apoyo incondicional y ser el motor de nuestras vidas, a nuestro tutor Ing. Diego Arcos Jácome, por sus enseñanzas, orientación y dedicación en este trabajo de titulación, a Cristian Mendoza por su apoyo y ayuda incondicional y finalmente a cada una de las personas de las comunidades por su colaboración ya que sin ella no habría sido posible este proyecto.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CAZARES MOSQUERA KARLA ISABEL, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CERCANA A POZOS CIEGOS EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN 24 DE MAYO-MANABÍ” para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, marzo 23 del 2022

CAZARES MOSQUERA KARLA ISABEL
C.I. 0925809329

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CHÁVEZ ROMERO ALISSON STEPHANIE, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA CERCANA A POZOS CIEGOS EN DOS COMUNIDADES DEL CANTÓN 24 DE MAYO-MANABÍ” para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, marzo 23 del 2022

CHÁVEZ ROMERO ALISSON STEPHANIE
C.I. 0953022647

Índice general

PORTADA 1

APROBACIÓN DEL TUTOR 2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN 3

Dedicatoria 4

Agradecimiento 5

Autorización de Autoría Intelectual 6

Autorización de Autoría Intelectual 7

Índice general 8

Índice de Tablas 12

Índice de Figuras 14

Resumen 16

Abstract 17

1. Introducción 18

1.1. Antecedentes del Problema 18

1.2. Planteamiento y Formulación del problema 20

1.2.1. Planteamiento del Problema 20

1.2.2. Formulación del Problema 22

1.3. Justificación de la Investigación 22

1.4. Delimitación de la Investigación 23

1.5. Objetivo general 23

1.6. Objetivos específicos 23

1.7. Hipótesis 24

2. Marco teórico 25

2.1. Estado del arte 25

2.2. Bases teóricas 28

2.2.1. Recurso Agua 28

2.2.1.1. Calidad de Agua 28

2.2.1.2. Agua subterránea 28

2.2.1.3. Contaminación de Acuíferos 28

2.2.2. Parámetros físico-químicos 29

2.2.2.1. Turbidez 29

2.2.2.2. Dureza 29

2.2.2.3. pH 29

2.2.2.4. Conductividad eléctrica 30

2.2.2.5. Nitratos 30

2.2.3. Parámetro microbiológico 30

2.2.3.1. Coliformes totales 30

2.2.4. Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas 30

2.2.4.1. Pozos Ciegos 30

2.2.4.2. Afectaciones de los pozos ciegos 31

2.2.4.3. Alcantarillado en Ecuador 31

2.3. Marco legal 32

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 32

2.3.2. Código Orgánico Del Ambiente 32

2.3.3. Ley de Gestión Ambiental 33

2.3.4. Ley Orgánica de Salud 33

2.3.5. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo 33

2.3.6. Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 33

2.3.7. Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua 34

2.3.8. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 34

3. Materiales y métodos 35

3.1. Enfoque de la Investigación 35

3.1.1. Tipo de la investigación 35

3.1.2. Diseño de la investigación 35

3.2. Metodología 35

3.2.1. Variables 35

3.2.1.1. Variable independiente 36

3.2.1.2. Variable dependiente 36

3.2.2. Tratamientos 36

3.2.3. Diseño experimental 36

3.2.4. Recolección de Datos 37

3.2.4.1. Recursos 39

3.2.4.2. Métodos y Técnicas 40

3.2.5. Análisis estadístico 41

4. Resultados 42

4.1. Estimación de la percepción de la calidad del agua de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante encuestas. 42

4.2. Caracterización de parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante análisis de laboratorio. 53

4.3. Análisis de los resultados de las muestras con la normativa vigente de calidad ambiental del recurso agua Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, mediante revisión bibliográfica. 55

4.4. Propuesta de medidas que ayuden a minimizar los impactos negativos que se generan en estas comunidades por presencia de pozos ciegos, mediante análisis bibliográfico. 59

4.4.1. Cloración continua 60

4.4.2. Luz ultravioleta 60

5. Discusión 62

6. Conclusiones 64

7. Recomendaciones 65

8. Bibliografía 66

9. Anexos 74

9.1. Anexo 1. Figuras complementarias 74

9.2. Anexo 2. Tabla de Resultados 80

9.3. Anexo 3. Tablas de Límites Máximos Permisibles 81

9.4. Anexo 4. Encuesta de Percepción 83

9.5. Anexo 5. Metodología para análisis de variables físico-químicas, y microbiológicas. 85

Índice de Tablas

Tabla 1. Conocimiento de concepto de contaminación..... 42

Tabla 2. Percepción de la contaminación en las aguas subterráneas de la comunidad..... 43

Tabla 3. Percepción del grado de contaminación en el agua 43

Tabla 4. Fuente de abastecimiento de agua para consumo humano 44

Tabla 5. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico..... 45

Tabla 6. Percepción de contaminación por actividades diarias..... 46

Tabla 7. Percepción de sabor del agua 47

Tabla 8. Percepción de olor del agua 47

Tabla 9. Porcentaje de personas que han sufrido algún tipo de enfermedad originada por la contaminación del suministro del agua..... 48

Tabla 10. Tipos de enfermedades ocasionadas por el consumo del suministro de agua 49

Tabla 11. Uso del agua de pozo 50

Tabla 12. Porcentaje de personas que realizan tratamiento al agua después de extraerla del pozo..... 51

Tabla 13. Tratamientos aplicados al agua de pozo después de la extracción 51

Tabla 14. Porcentaje de personas que están dispuestas a recibir capacitación.. 52

Tabla 15. Resultados del muestreo de aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad Las Mercedes 80

Tabla 16. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad Las Mercedes 53

Tabla 17. Resultados del muestreo de aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad La Primavera 54

Tabla 18. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad La Primavera 54

Tabla 19. Resultados de calidad de agua subterránea de las comunidades Las Mercedes y La Primavera en comparativa con la normativa vigente 55

Tabla 20. Prueba T- Student para diferencia de media entre dos grupos..... 58

Tabla 21. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y uso doméstico..... 80

Tabla 22. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano según la OMS 81

Tabla 23. Indicadores y criterios seleccionados para encuesta de percepción ... 83

Índice de Figuras

Figura 1. Conocimiento de concepto de contaminación 42

Figura 2. Percepción de la contaminación en las aguas subterráneas de la comunidad 43

Figura 3. Percepción del grado de contaminación en el agua 44

Figura 4. Fuente de abastecimiento de agua para consumo humano 45

Figura 5. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico 46

Figura 6. Percepción de contaminación por actividades diarias 46

Figura 7. Percepción de sabor del agua 47

Figura 8. Percepción de olor del agua 48

Figura 9. Porcentaje de personas que han sufrido algún tipo de enfermedad originada por la contaminación del suministro del agua 49

Figura 10. Tipos de enfermedades ocasionadas por el consumo del suministro de agua 49

Figura 11. Uso del agua de pozo 50

Figura 12. Porcentaje de personas que realizan tratamiento al agua después de extraerla del pozo 51

Figura 13. Tratamientos aplicados al agua de pozo después de la extracción ... 52

Figura 14. Porcentaje de personas que están dispuestas a recibir capacitación 52

Figura 15. Comparación del pH de las muestras y LMP del Acuerdo Ministerial 097A, **Figura 16.** Comparación de la Conductividad eléctrica de las muestras y los LMP de la OMS 56

Figura 17. Comparación de nitritos de las muestras y los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097A 57

Figura 18. Comparación de la Dureza de las muestras y los LMP de la OMS 57

Figura 19. Comparación de la turbiedad de las muestras y los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097A..... 57

Figura 20. Comparación de las Coliformes totales de las muestras y los LMP del Acuerdo Ministerial 097A..... 57

Figura 21. Imagen Satelital de la Comunidad La Primavera 74

Figura 22. Imagen Satelital de la Comunidad Las Mercedes 74

Figura 23. Mapa de Ubicación de Pozos..... 75

Figura 24. Visita técnica a la parroquia de las Comunidades estudio 75

Figura 25. Realización de Encuesta de Percepción 76

Figura 26. Toma de coordenadas de puntos de muestreo 76

Figura 27. Toma de muestra de agua de pozo..... 77

Figura 28. Análisis de parámetro de pH in situ 77

Figura 29. Análisis de parámetros de Turbidez y Conductividad..... 78

Figura 30. Análisis de parámetro de Dureza 78

Figura 31. Análisis de parámetro de nitratos 78

Figura 32. Conteo De Coliformes Totales En El Contador De Colonias..... 79

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad de agua subterránea cercana a pozos ciegos mediante análisis de laboratorio para el cumplimiento de criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico de la OMS y Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1. Se trata de un estudio en el que se empleó un método descriptivo, de campo y laboratorio, además, de un diseño correlacional-descriptivo, donde se hizo la respectiva recolección de muestras recogidas de manera sistemática y aleatoria. Las variables en estudio para esta investigación fueron la calidad del agua de pozo, y los parámetros físico-químicos, así como también microbiológicos. La población estuvo conformada por 86 pobladores de las comunidades Las Mercedes y La Primavera, de las cuales se tomó 37 muestras de agua. Los resultados fueron analizados a través de la prueba de hipótesis, para realizar la respectiva comparación.

Palabras claves: Calidad del agua de pozo, Parámetros físico-químicos y microbiológicos

Abstract

The objective of this research was to determine the quality of the groundwater near the cesspools through laboratory analysis for compliance with the quality criteria for water intended for human consumption and domestic use of the WHO and the Ministerial Agreement 097A Annex 1. It is a study, in which was used a descriptive, field and laboratory method, also, of a correlational-descriptive design, where, the respective collection of samples were gathered up, in a systematic and aleatory way. The variables under study for this investigation, were the quality of the well water, and the physical-chemical parameters, as well as, microbiological, too. The population consisted of 86 residents of the Las Mercedes and La Primavera communities, from whom 37 water samples, were taken. The results were analyzed, through, the t hypothesis test, to make the respective comparison.

Keywords: Physico-chemical and microbiological parameters, Well water quality.

1. Introducción

1.1. Antecedentes del Problema

El recurso agua a nivel global, es uno de los más importantes para la vida, por ejemplo, América del Sur utiliza entre el 40 y 60% del agua que se encuentra en los acuíferos, mientras que América Central y México utiliza el 65%, en donde México tiene como fuentes de agua a 102 de los 653 acuíferos que se encuentran sobreexplotados, por lo que, con el pasar del tiempo las consecuencias son cada vez más graves debido al mal uso provocando así la contaminación de las aguas subterráneas; actividades antropogénicas, ganadería, descarga de aguas residuales sin tratar, pozos sépticos, entre otros son algunas de las causas de la contaminación de estas fuentes de agua.

Las zonas rurales, por lo general, comprende uno de los rangos con mayor contaminación de aguas subterráneas. Por ejemplo, en América Latina, alrededor de más de 100 millones de personas no cuentan con un servicio de saneamiento de agua, así como también, alrededor de 256 millones de habitantes en la región evacuan sus desechos a través de letrinas y fosas sépticas, en donde la mayoría de estos desechos son vertidos directamente sin tratamiento previo, a fuentes de agua cercanas (Tribunal Latinoamericano del Agua, 2012).

El cantón 24 de Mayo posee una población total de 29622 habitantes de los cuales 13787 pertenecen a la parte urbana y 4058 pertenecen a la parte rural que corresponde a la parroquia Arq. Sixto Durán Ballén donde se encuentran las 2 comunidades en estudio, esta se ha visto afectada por la contaminación del recurso agua. Entre las amenazas antrópicas que se puede identificar en el cantón se tiene como las más importantes: las fuentes naturales de agua presentan contaminación con agroquímicos; descarga de aguas servidas al suelo y ríos; disposición, quema

de basura a cielo abierto; materia orgánica en descomposición; contaminación por desechos orgánicos generados de la actividad de la crianza de animales domésticos (Andrade, 2015).

La población se ha distribuido y ocupado el territorio (áreas rurales, ciudades, poblados, etc.). Esto permite darse una idea de cómo está la cobertura, déficit y calidad de servicios básicos urbanos y rurales, el porcentaje de las necesidades básicas insatisfechas en la Parroquia Arq. Sixto Durán Ballén es del 99,02% de la población, siendo un elevado porcentaje donde se debe promover un mejor servicio (Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen, 2021).

De acuerdo con los datos de Andrade (2015), en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Arq. Sixto Durán Ballén, la parroquia no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas servidas pues los desechos domésticos van aún de manera directa al suelo, mediante pozos sépticos y en determinados lugares aún a los ríos y esteros.

Aunque los pozos ciegos son de gran necesidad, sobre todo para zonas rurales, comprenden un sin número de consecuencias que afectan a ciertos recursos del ambiente (Calabuig Neteges, 2021) puesto que contaminan el suelo por medio de la infiltración de líquidos, que tienen destino a las capas freáticas, en donde llegan a las aguas subterráneas, por lo que, si el suelo está contaminado, el agua también lo está, se determina que la permeabilidad del suelo, la profundidad del agua y la movilidad del contaminante son factores determinantes en relación al deterioro del suelo y agua subterránea.

Patagónico (2011), menciona que existen varias alternativas amigables con el ambiente que podrían ayudar a minimizar la construcción de pozos ciegos, una de ellas es la implementación de una planta de tratamiento hogareña pues esta incluye

un proceso anaeróbico y la colocación de una cámara de cloración. Por otra parte (Ortiz y Velasquez, 2015), hacen referencia a la implementación de sanitarios secos ecológicos, estos sistemas disminuyen la carga orgánica en los efluentes cercanos debido que a partir de abono obtenido del biosólido y la orina se aporta gran cantidad de nutrientes al suelo además evita la proliferación de vectores y malos olores.

1.2. Planteamiento y Formulación del problema

1.2.1. Planteamiento del Problema

La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan nuestro entorno, por lo cual hoy en día es un tema importante de discusión y análisis; puesto que actualmente genera impactos y repercusiones en el entorno habitable, por otra parte, la contaminación del agua conlleva toda alteración que resulte perjudicial y ponga en peligro los ecosistemas y la salud, es así como se relaciona la problemática.

Las Mercedes y La Primavera, son comunidades rurales con una población de aproximadamente 514 habitantes (411 y 103 respectivamente), en donde se encuentran alrededor de 95 y 20 viviendas. Dichas comunidades poseen suelos de textura arcillosa-arenosa a franco-arcillosa-limosa, y son de uso agrícola y ganadero, por otra parte, la principal fuente hídrica, se encuentra donde nace el Río Guineal. Los habitantes emplean soluciones individuales de agua y saneamiento, por ejemplo, estos se abastecen por medio de pozos de aguas subterráneas para uso doméstico, a su vez, realizan la construcción de pozos ciegos para el vertimiento de aguas negras. Los pozos de agua subterránea y pozos ciegos poseen una profundidad aproximada de 6 y 3 metros, respectivamente; la distancia

que existe entre los pozos de agua subterránea y los pozos ciegos es de 35 metros aproximadamente.

Debido a la expansión urbana descontrolada se crean desequilibrios en el desarrollo económico, social y ambiental. Aunque la parroquia donde se encuentran estas comunidades cuenta con un Plan De Desarrollo de Ordenamiento Territorial, no cuentan con un sistema de redes de alcantarillado y agua potable (Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen, 2021), como resultado los desechos son descargados a los pozos ciegos, siendo su destino final el suelo, debido a que estos representan una alternativa económica para el almacenamiento de desechos fecales, además, estos tienen cierto tiempo de durabilidad y de construcción. En las comunidades en estudio del cantón 24 de mayo, cada vez es más común la construcción de estos pozos, lo cual genera un problema tanto para suelo, como al agua y la comunidad.

Dichos pozos alteran las propiedades del suelo y llegan hasta las aguas subterráneas a causa de la infiltración lo cual acarrea otro problema ambiental, puesto que, estas comunidades tampoco cuentan con un sistema de agua potable, y a causa de esto, hacen uso de estas aguas subterráneas mediante pozos, por lo cual se cree que tanto la calidad del suelo como del agua podrían estar siendo degradadas, debido al desconocimiento de una correcta construcción y la inadecuada gestión de las descargas de aguas negras o residuales, generando así impactos a los recursos mencionados.

Por ello es preciso determinar la de calidad del agua suministrada en estas zonas donde no se cuenta con un sistema de redes de alcantarillado y agua potable, en torno a lo antes mencionado; el siguiente trabajo tiene como objetivo el análisis de las aguas subterráneas destinadas al consumo humano y uso doméstico, y

posteriormente proponer medidas que ayuden a minimizar dichos impactos generados en los suministros de agua por presencia de pozos ciegos.

1.2.2. Formulación del Problema

¿La calidad del agua destinada a consumo humano y uso doméstico de las comunidades Las Mercedes y La Primavera del cantón 24 de Mayo, se verá afectada por presencia de pozos ciegos cercanos a pozos de agua?

1.3. Justificación de la Investigación

Los pozos ciegos representan un gran problema ambiental y para la salud, puesto que estos reciben las aguas negras y una de las razones principales se debe a la inadecuada construcción de los mismos (Rodríguez, 2017), pues la mayoría están construidos con materiales filtrantes como son bloques de hormigón y ladrillos, debido a esto la infiltración puntual cumple un papel importante en la contaminación de suelos y aguas subterráneas, de modo que los residuos provenientes de estos pozos modifican las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de dichos recursos (Porras, Nieto, Alvarez, Fernández y Gimeno), se tiene así el caso de las zonas rurales de la Provincia de Manabí, en las cuales no se cuenta con servicios básicos como el sistema de alcantarillado (Andrade, 2015).

A causa de lo antes mencionado, optan por la construcción de estos pozos de una manera inadecuada como consecuencia de varios factores como el desconocimiento, la falta de recursos económicos, y la desesperante situación de cubrir dicha necesidad básica. Otra razón es la mala o inexistente gestión de los residuos depositados en estos pozos. Dado que, una vez que estos se llenan son sellados y abandonados sin gestión alguna; los datos de la parroquia Sixto Durán Ballen donde se ubican las comunidades en estudio indican que una cuarta parte

(89.11%) de la población cuenta con un déficit del servicio de alcantarillado (Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen, 2021).

Por lo que, en los sectores rurales donde aún se abastece agua de fuentes subterráneas y por ende la calidad de estas se ve afectada tanto por contaminantes puntuales como no puntuales, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos esta es utilizada para consumo humano y uso doméstico sin previo tratamiento, es de vital importancia evaluar el impacto en la calidad de estos suministros con el fin proponer medidas que ayuden a minimizar los impactos negativos que se generan y evitar así problemas socioambientales.

1.4. Delimitación de la Investigación

Espacio: La investigación se realizó con muestras de agua subterránea colectadas en las comunidades La Primavera y Las Mercedes del Cantón 24 de Mayo (Las Mercedes -1° 27' 37.627”, -80° 16' 0.6706" y La Primavera -1° 27' 25.63776", -80° 17' 24.67356") (Figura 21 y Figura *22*).

Tiempo: Se estima un tiempo de 6 meses.

Población: La población de estudio fueron 86 pobladores de las comunidades Las Mercedes y La Primavera (Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen, 2021).

1.5. Objetivo general

Determinar la calidad de agua subterránea cercana a pozos ciegos mediante análisis de laboratorio para el cumplimiento de criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico de la OMS y Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1.

1.6. Objetivos específicos

- Estimar la percepción de la calidad del agua de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante encuestas.

- Caracterizar parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante análisis de laboratorio.
- Analizar los resultados de las muestras con la normativa vigente de calidad ambiental del recurso agua Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, mediante revisión bibliográfica.
- Proponer medidas que ayuden a minimizar los impactos negativos que se generan en estas comunidades por presencia de pozos ciegos, mediante análisis bibliográfico.

1.7. Hipótesis

La calidad del agua subterránea se verá afectada en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos por la presencia de pozos ciegos en las comunidades La Primavera y Las Mercedes del cantón 24 de mayo provincia de Manabí.

2. Marco teórico

2.1. Estado del arte

Los pozos ciegos son una alternativa antigua para zonas que no cuentan con redes de alcantarillado, la cual consta de una excavación a cierta profundidad dejando espacios que permitan la infiltración directa del efluente cloacal al suelo la cual ingresa con una alta carga orgánica y bacteriana a las aguas subterráneas. En donde, se genera un problema socioambiental, debido a que se ven alterados los parámetros y criterios de calidad, y esto repercute, en la salud y ambiente.

Sánchez, Álvarez, Pacheco, Carrillo y González (2016), determinaron el estado de la calidad del agua subterránea del acuífero sur de Quintana Roo, con el fin de identificar las zonas con mejor potencial aptas para consumo humano, para lo cual se aplicaron en conjunto el índice de calidad del agua y los sistemas de información geográfica los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, temperatura, sólidos totales disueltos, dureza total, sodio, sulfatos, cloruros y nitratos. Los resultados denotaron una posible contaminación antropogénica, principalmente por aguas residuales domésticas y el uso de fertilizantes. Por lo que los constituyentes químicos que excedieron el límite permisible fueron: STD (22% en 2002, y 42% en 2012); dureza total (60%); Na+ (9.8%); Cl- (9.9%), y NO3- (3%, 2012).

Coelho et al., (2017), determinaron en el siguiente caso de estudio, el cual tuvo como objetivo monitorear la calidad del agua de los pozos de la comunidad rural ‘Cinturão Verde’ a través de análisis físico-químicos, colimétricos y parasitológicos, con el fin de identificar fuentes de contaminación a causa de ausencia de medios adecuados de saneamiento. Para lo cual, se recolectaron muestras de agua de pozos entubados en 4 regiones de la comunidad, los cuales fueron

georreferenciados, a su vez, se utilizaron métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales.

En los resultados se obtuvo lo siguiente: el nivel de turbidez en promedio fue satisfactorio, de 0.68 NTU siendo menor al VMP (valor máx. permitido), CE (Conductividad eléctrica) de 10 a 1000 µS cm^{-1} lo cual indica que se vuelve salobre o está contaminada, pH de 5.3 (ácido) indicando que necesita tratamiento, dureza y alcalinidad se presentaron dentro del VPM (107 mg L^{-1} de $CaCO_3$ y 38 mg L^{-1} de $CaCO_3$ en promedio, respectivamente), en cuanto a parámetros microbiológicos, se dedujo que en ciertos periodos de recolección existía presencia de Coliformes totales, lo cual imposibilita el uso de esta agua para el consumo humano sin previo tratamiento o proceso de desinfección, entre otros.

Brousett, Chambi, Mollocondo, Aguilar y Lujano (2018), determinaron el estado de la calidad físico-química y microbiológica de agua para consumo humano, provenientes de cuatro fuentes de abastecimiento tanto superficial como subterránea de la población Chullunquiani, para lo cual los parámetros evaluados fueron pH, conductividad, turbidez, dureza, sólidos disueltos, sulfatos, cloruros y coliformes totales y 23 metales, dichos análisis siguieron los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas. Los resultados obtenidos fueron comparados con los valores estipulados por la OMS y la norma Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud. Los parámetros físico-químicos se encuentra dentro del rango aceptable, a excepción del Aluminio para agua superficial que sobrepasa en 0,065mg/l y para el caso de las aguas subterráneas fue excedido el Boro con 0,025mg/l, asimismo se evidenció valores elevados de coliformes totales en épocas de lluvia, llegando a 11 866,6 UFC/100ml (±813,5) como valor máximo.

Pereira et al., (2018), determinaron en su estudio el cual tuvo como objetivo evaluar la influencia de la descarga de aguas residuales en la calidad del agua explotada del acuífero aluvial del río Sucuru, se basó en análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas de nueve pozos ubicados a lo largo del aluvión, los parámetros elegidos para la clasificación fueron pH, temperatura, oxígeno disuelto, DQO, cloruro, sólidos totales disueltos, nitratos, coliformes termotolerantes y *E. Coli.*

Los resultados obtenidos muestran que el DQO varió entre 8.0 mg/L y 340 mg/L y los de OD fueron bajos variaron de 1.2 a 3.5 mg/L, además todos los pozos evaluados tenían TTC , y se confirmó *E. Coli* en la mayoría de los análisis, lo que demuestra contaminación fecal, a concentración de cloruros varió de 35 a 1200 mg/L, el sodio se mantuvo dentro del rango de 55 mg/L a 1470 mg/L y 200 mg/L en el agua para consumo humano las concentraciones medias estuvieron todas por encima de este valor, por otro lado los valores de CE variaron de 0.8 a 9.6 mS/cm, por lo que los indicadores mostraron que el acuífero aluvial estudiado tiene capacidad para filtrar y dispersar contaminantes.

Castillo, Barrezueta y Arbito (2019), evaluaron las aguas subterráneas de la parroquia La Peaña a través de muestras para determinar las propiedades color y olor; así como el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura. También se delimitó 10 submuestras a las que se realizaron análisis biológicos de coliformes totales, *Escherichia coli* y de los metales pesados: Hg. Pb. As. Cd y Mn. Los resultados mostraron un color transparente y sin olor en más del 80% de los pozos. El rango del pH 7.28 - 8.27 mostraron una tendencia hacia la alcalinidad, con ligera presencia de salinidad por su baja CE (rango, 0.17-0.39 mS m). Las bacterias coliformes estuvieron en seis pozos con niveles sobre los 30 UFC ml^{-1}). Los metales

Hg, Pb, As y Cd obtuvieron medias de 0.29 ug l^{-1}, 5 ugl^{-1}; 10.00 ug l^{-1} y 0.80 ug l^{-1}, respetivamente, mientras que el Mn mostró la mayor variabilidad con rango de 0.06-1240 ug l^{-1}.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Recurso Agua

El agua es un recurso natural, muy necesario pero vulnerable, el cual se renueva mediante el ciclo hidrológico, este es fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta puesto que es un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos (Paredes, 2013).

2.2.1.1. Calidad de Agua

Este término se usa para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua, esta depende principalmente del uso que se le va a dar. Esta depende tanto de factores naturales como de la acción humana y se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas, 2014).

2.2.1.2. Agua subterránea

Se denomina agua subterránea, al agua que es infiltrada en el suelo obtenida de la lluvia. Fluye por las zonas no saturadas llegando al nivel freático del terreno (International Groundwater Resources Assesment Centre, 2001).

2.2.1.3. Contaminación de Acuíferos

El mayor riesgo de contaminación de acuíferos causada por contaminantes líquidos se produce por infiltraciones desde las redes de saneamiento, pozos negros, fosas sépticas, entre otros. Los cauces superficiales contaminarían los acuíferos cuando hubiese recarga de éstos con dichos cauces contaminados o en

cualquier tipo de conexión río-acuífero. En cualquier caso, el riesgo aumenta en áreas porosas favorables a la infiltración o en zonas de recarga de acuíferos (Fuentes, 1992).

2.2.2. Parámetros físico-químicos

2.2.2.1. Turbidez

Es una medida que indica el grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua y la medida de cuántos sólidos hay en suspensión en el agua, pues mientras más sucia parecerá que ésta, más alta será la turbidez. Esta se mide en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez.) y el instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua (González, 2011).

2.2.2.2. Dureza

Es la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, el agua comúnmente denominada dura significa que tiene una elevada concentración de dichas sales y las consideradas blandas la contienen en muy poca cantidad. La unidad de medida para dureza es grados hidrométricos franceses (º H F) La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. Las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de calcio y magnesio (Facsa, 2017).

2.2.2.3. pH

El término pH, se refiere a una escala numérica, la cual se usa para indicar el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa (Vázquez y Rojas, 2016).

2.2.2.4. Conductividad eléctrica

La conductividad es una medida de la propiedad que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y de la temperatura de la medición (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2006).

2.2.2.5. Nitratos

Son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno que se encuentra de manera natural en pequeñas concentraciones en el suelo y las aguas superficiales y subterráneas. Los vertidos de aguas residuales y excrementos de animales en zonas de ganadería intensiva pueden construir también una fuente de nitratos en el agua; las altas concentraciones de este compuesto en el agua de consumo humano constituyen un peligro para la salud de las personas según la OMS (Facsa Ciclo integral del agua, 2017).

2.2.3. Parámetro microbiológico

2.2.3.1. Coliformes totales

Las bacterias coliformes incluyen un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio, se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua, pues su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.) y el suministro de agua (Swistock, 2020).

2.2.4. Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas

2.2.4.1. Pozos Ciegos

Se lo define como una excavación en el terreno, el cual utiliza paredes naturales por donde se filtran los residuos líquidos. En cuanto a los sólidos, son

descompuestos por ayuda bacteriana natural (Escobar Neteges industrial, Desembussaments I Buidats, 2014).

2.2.4.2. Afectaciones de los pozos ciegos

Se los considera como destino final de los desagües, en donde el agua se queda estancada. La consecuencia que abarca es que el agua residual se filtra a la tierra, y al final solo quedan los residuos sólidos. Estas afectan a la salud pública, contaminación ambiental (aguas subterráneas, calidad del suelo) (Netjet Clean, 2020). A su vez, puede provocar la aparición de malos olores y sabores, microorganismos fecales, restos de compuestos no biodegradables, generar reacciones químicas como la transformación del nitrógeno orgánico en nitratos por presencia de materia orgánica, altas demandas químicas y bioquímicas de oxígeno, mineralización del agua del acuífero, elevación de su temperatura, ausencia de NO^{-}_{3}, presencia de Fe^{+2} y elevado contenido en CO^{-2} en función del pH (Porras et al., 1985).

2.2.4.3. Alcantarillado en Ecuador

Según los resultados de la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo del INEC hasta junio de 2016, de los 16’560.742 ecuatorianos, 6’183.120 personas no contaban con acceso a alcantarillado (El Diario Ediasa S.A., 2018), en distintas zonas rurales de Ecuador al no contar con el servicio de alcantarillado tienden a hacer uso de pozos ciegos lo cual genera un grave problema socioambiental pues el manejo de excretas es considerado no seguro cuando estos desechos del pozo séptico y del pozo ciego terminan en un lugar abierto (río, quebrada, acequia, calle, patio, terreno o campo abierto) (Molina, Pozo y Serrano, 2018).

2.3. Marco legal

2.3.1. Constitución de la República del Ecuador

TITULO II DERECHOS

Capítulo segundo Derechos del buen vivir

Sección segunda Ambiente sano

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

TITULO V ORGANIZACION TERRITORIAL DEL ESTADO

Capítulo segundo Organización del territorio

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

TITULO VI REGIMEN DE DESARROLLO

Capítulo primero Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4) Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.3.2. Código Orgánico Del Ambiente

TITULO II INSTITUCIONALIDAD Y ARTICULACION DE LOS NIVELES DE GOBIERNO EN EL SISTEMA NACIONAL DESCENTRALIZADO DE GESTION AMBIENTAL

Capítulo II De las facultades ambientales de los gobiernos autónomos descentralizados

Art. 26.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su

respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional:

8) Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

2.3.3. Ley de Gestión Ambiental

TITULO III INSTRUMENTOS DE GESTION AMBIENTAL

Capítulo II De la evaluación de impacto ambiental y del control ambiental

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá:

La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada (Ley de Gestion Ambiental, 2004).

2.3.4. Ley Orgánica de Salud

Capítulo II De la autoridad sanitaria nacional, sus competencias y Responsabilidades

Art. 6.- Es responsabilidad del Ministerio de Salud Pública:

15) Regular, planificar, ejecutar, vigilar e informar a la población sobre actividades de salud concernientes a la calidad del agua, aire y suelo; y, promocionar espacios y ambientes saludables, en coordinación con los organismos seccionales y otros competentes (Ley Orgánica de Salud, 2006).

2.3.5. Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo

Capítulo I

OBJETO Y ÁMBITO

Art. 3.- Fines. - Son fines de la presente Ley:

1) Orientar las políticas públicas relativas al ordenamiento territorial, desarrollo urbano, ¡a la vivienda adecuada y digna; promover un uso eficiente, equitativo, racional y equilibrado del suelo urbano y rural a través de la definició n de principios, directrices y lineamientos, y generar un hábitat seguro y saludable en todo el territorio (Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo, 2016).

2.3.6. Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1

5.1.1 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

5.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que es obtenida de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

a. Bebida y preparación de alimentos para consumo humano,

b. Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios (Tapia, Acuerdos 097-A. Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria, 2015).

2.3.7. Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua

LIBRO TERCERO AUTORIZACIONES

TITULO PRIMERO: DISPOSICIONES GENERALES

Capítulo Tercero: USO Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Art. 99.- Autorizaciones para uso y aprovechamiento de aguas subterráneas. Contenido. - El otorgamiento de autorizaciones para el uso y aprovechamiento de aguas subterráneas se sujetará a las siguientes condiciones generales:

a) Que su alumbramiento no perjudique las condiciones del acuífero, ni la calidad del agua ni el área superficial comprendida en el radio de influencia del pozo o galería; y,

b) Que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y, en general, con otras afloraciones preexistentes. A estos efectos y si los Planes de Gestión Integral de Recursos Hídricos de Cuencas no fijan otra distancia, no podrá autorizarse la apertura de un pozo a menos de 100 metros de otro o de cauce público (Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, 2015).

2.3.8. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013

Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos. Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2169, 2013).

3. Materiales y métodos

3.1. Enfoque de la Investigación

3.1.1. Tipo de la investigación

El presente trabajo es de carácter descriptivo, de campo y laboratorio, debido a que se analizaron y describieron los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos. De campo y laboratorio, puesto que se realizó la recolección de 37 muestras de agua, y los respectivos análisis, planteado en el objetivo 2, debido a que, los pozos de agua subterránea se encuentran cercanos a los pozos ciegos, lo cual causa una afectación significativa al agua destinada al consumo humano y uso doméstico de los habitantes de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, del cantón 24 de mayo- Manabí.

3.1.2. Diseño de la investigación

Para la realización de este trabajo se realizaron 37 muestreos de manera aleatoria en diversos pozos de las viviendas que se encuentran distribuidas de manera dispersa en las comunidades Las Mercedes y La Primavera, de los cuales se analizó la calidad del agua subterránea y se compararon los resultados de los parámetros obtenidos, con las normativas vigentes (Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico y OMS) (Tabla 21-Tabla 22).

3.2. Metodología

3.2.1. Variables

Las variables planteadas para esta investigación están acorde a los lineamientos de la investigación, donde se realizaron, análisis físico-químicos y microbiológicos al suministro de agua de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, y se

compararon con la Normativa Vigente (Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico y OMS.

3.2.1.1. Variable independiente

- pH
- Dureza
- Turbidez
- Conductividad eléctrica
- Coliformes totales
- Nitratos

3.2.1.2. Variable dependiente

- Calidad del agua de pozo

3.2.2. Tratamientos

El presente estudio no aplica tratamientos, puesto que se utilizó un método correlacional-descriptivo, debido a que los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos fueron comparados con los de la normativa pertinente, para así saber si dichos parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles para calidad de agua de consumo humano y uso doméstico del Acuerdo Ministerial 097 A Libro VI Anexo 1 y OMS, con el objetivo de determinar la calidad de agua subterránea, de las Comunidades Las Mercedes y La Primavera.

3.2.3. Diseño experimental

Esta investigación no lleva un diseño experimental por lo cual, se utilizó un método correlacional-descriptivo, para lo cual las muestras fueron tomadas de manera sistemática y aleatoria. Se la considera correlacional, debido a que se evaluó la relación entre las dos variables (independiente y dependiente), y cada parámetro fue comparado de acuerdo a los límites permisibles establecidos en la

normativa vigente (Acuerdo Ministerial 097-A Anexo 1 Tabla 1 de los criterios de calidad de agua para consumo humano y doméstico y OMS(Tabla 21-Tabla 22)), con el fin de conocer si la presencia de pozos ciegos afectaba la calidad del agua suministrada en las comunidades, por ende sus parámetros, y descriptivo, debido a que cada resultado de los parámetros analizados de los pozos de agua se los describió y evaluó con el fin de poder proponer medidas de prevención y mitigación.

3.2.4. Recolección de Datos

Se realizó una encuesta (Tabla 23) a los habitantes de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, con el fin de conocer la percepción que estos tienen de la calidad del agua. Se recolectaron alrededor de 37 muestras de agua para lo cual se utilizó de referencia la Norma Técnica INEM 2169:2013, para muestreo, manejo y conservación de las muestras.

Se determinó el total de las muestras mediante la fórmula de tamaño de muestra y la técnica de muestreo sistemático aleatorio, en base a los datos del total de casas (115). Para estimar la cantidad aproximada de personas a encuestar se utilizó la fórmula anteriormente mencionada (fórmula de tamaño de muestra), en base a los datos del total de habitantes (514) (Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen, 2021).

Para determinar el tamaño de la muestra de población para encuesta, se utilizó la siguiente fórmula:

El nivel de confianza tendrá un valor del 90%, con un margen de error de 10%.

$$n = \frac{\left(Z^2{}_{\propto/2} N\sigma^2\right)}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2{}_{\propto/2}} = \frac{1.645^2 * 514 * 0.5}{(514-1) * 0.10^2 + 1.645^2 * 0.5^2} = \frac{695.4484}{8.0860} = 86$$

Porcentaje y número de personas a encuestar en la Comunidad Las Mercedes:

$$411/514 * 100 = 80\%$$

$$86 * 0.80 = 69$$

Porcentaje y número de personas a encuestar en la Comunidad La Primavera:

$$103/514 * 100 = 20\%$$

86 * 0.20 = 17

Para determinar el número de pozos a ser analizados, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\left(Z^2{}_{\propto/2} N\sigma^2\right)}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2{}_{\propto/2}} = \frac{1.645^2 * 115 * 0.5}{(115-1) * 0.10^2 + 1.645^2 * 0.5^2} = \frac{155.5964}{1.8165} = 86$$

Porcentaje y número de pozos a muestrear en la Comunidad Las Mercedes:

$$95/115 * 100 = 82\%$$

$$86 * 0.82 = 70$$

Porcentaje y número de pozos a muestrear en la Comunidad La Primavera:

$$20/115 * 100 = 18\%$$

$$86 * 0.18 = 16$$

Cálculo y Fórmula de muestreo sistemático aleatorio, Las Mercedes y La Primavera, respectivamente

$$k = \left(\frac{N}{n}\right) = \frac{115}{70} = 2$$

$$i, i+k, i+k(2), i+k(3) \ldots = \ 1, 1+2, 1+2(2) \ldots = 34$$

$$k = \left(\frac{N}{n}\right) = \frac{115}{16} = 7$$

$$i, i+k, i+k(2), i+k(3) \ldots = \ 1, 1+7, 1+7(2) \ldots = 3$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra

- N = tamaño de la población
- Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza (1.645).
- e= nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio (0.20).
- k = número aleatorio más próximo
- i = número de arranque

3.2.4.1. Recursos

- Materiales Utilizados
- Probeta
- Botellas Plásticas
- Rotuladores
- Bolígrafo
- Tirillas Reactivas
- Hielera
- Pipeta
- Matraz
- Vasos de precipitación (10, 250, 500 mL)
- 3M Petrifilm
- Micropipeta
- Bureta
- Guantes
- Agua destilada
- Botas de caucho

- Caja Petri
- Crisol
- Equipos
- Espectrofotómetro
- Estufa
- Turbidímetro
- Bomba
- GPS
- Balanza Analítica marca Sartorius M-power
- Autoclave
- Refrigerador
- Equipo multiparámetros HACH-HQ40d (para medir pH)
- Computadora
- Contador de colonias

Recursos económicos: La investigación fue financiada por los tesistas.

Recursos institucionales: Los análisis se realizaron en el laboratorio de agua y suelo de la Universidad Agraria del Ecuador, y otro laboratorio designado (para los parámetros que no se pudieron analizar en la institución).

3.2.4.2. Métodos y Técnicas

Método para la elaboración de la encuesta de percepción: En primera instancia se realizó encuestas para conocer la percepción que tienen los habitantes de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, en base a la calidad del agua suministrada a estas zonas. Para lo cual, se llevó a cabo la siguiente metodología (Tabla 23).

Metodología para análisis de variables físico-químicas, y microbiológicas.

La metodología para los análisis físicos, químicos y microbiológicos fueron los propuestos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Anexo 5).

Método para comparación con la normativa: Se lo realizó mediante la comparación entre los resultados de los análisis de las muestras de agua y la normativa vigente (Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1) y OMS, para determinar el cumplimiento de la misma, y a su vez, conocer si existe contaminación en las aguas suministradas en estas comunidades, debido a su cercanía a los pozos ciegos.

Método para proponer medidas de disminución de impactos ambientales: En base a los indicadores propuestos de la encuesta antes realizada, y a través de revisión bibliográfica, y mediante, los resultados de los análisis físico-químicos, microbiológicos, se propusieron medidas que ayuden a minimizar los impactos negativos.

3.2.5. Análisis estadístico

El presente estudio se realizó mediante análisis estadístico descriptivo (prueba de hipótesis t), con los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales se compararon con el Acuerdo Ministerial 097 A Anexo 1 Tabla 1 y OMS; se utilizó el muestreo sistemático aleatorio para categorizar los puntos de muestreo.

4. Resultados

4.1. Estimación de la percepción de la calidad del agua de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante encuestas.

Las encuestas realizadas en 2 Comunidades de la parroquia Arq. Sixto Durán Ballén las mismas que se hicieron a un total de 86 personas, donde 69 pertenecían a la comunidad Las Mercedes y 17 a la comunidad La Primavera, las cuales dieron como resultado que el 58,3% era población femenina y un 41,9% masculina de diversas ocupaciones que iban desde personas que únicamente se dedican al hogar hasta ingenieros en distintas ramas.

Tabla 1. Conocimiento de concepto de contaminación

Pregunta 1	frecuencia	Porcentaje
Si	82	95,3
No	4	4,7
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

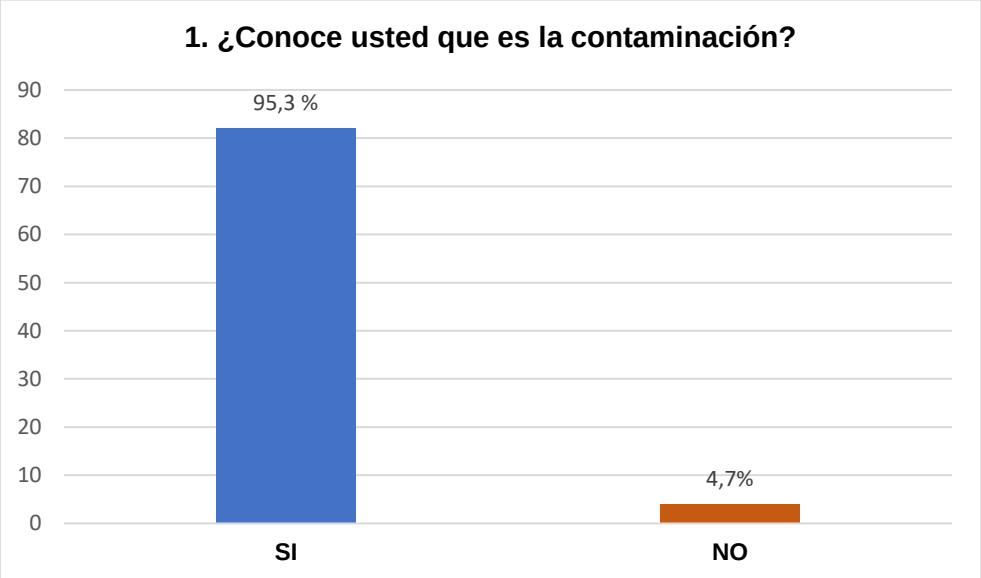


Figura 1. Conocimiento de concepto de contaminación
Cazares y Chávez, 2022

Como podemos observar en la figura 1, el porcentaje de población encuestada que no conoce lo que es la contaminación es de 4,7%, mientras que un 95,3% posee conocimiento sobre que es la contaminación, sin embargo, mencionaban que no tenían una definición clara para dicho concepto.

Tabla 2. Percepción de la contaminación en las aguas subterráneas de la comunidad

Pregunta 2	Frecuencia	Porcentaje
Si	54	62,8
No	32	37,2
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

Figura 2. Percepción de la contaminación en las aguas subterráneas de la comunidad
Cazares y Chávez, 2022

En la figura 2 podemos observar que más de la mitad de la población considera que existe contaminación en las aguas subterráneas de su comunidad lo cual equivale a un 62,8% de la población total y solo un 37,2%, no considera que sus fuentes de abastecimiento se encuentren contaminadas.

Tabla 3. Percepción del grado de contaminación en el agua

Pregunta 3	Frecuencia	Porcentaje
1	15	17,44
2	23	26,7
3	28	32,6
4	15	17,44
5	5	5,8
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

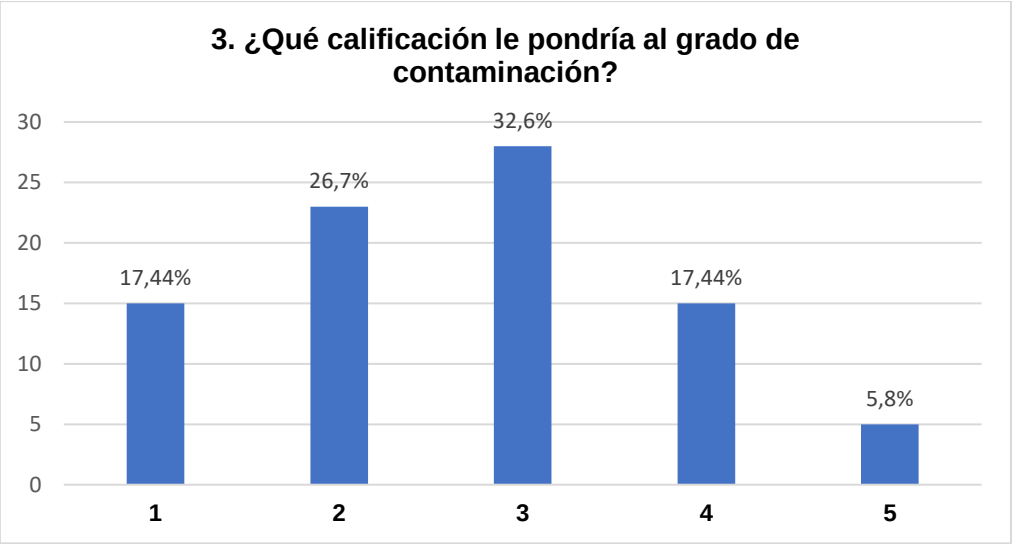


Figura 3. Percepción del grado de contaminación en el agua
Cazares y Chávez, 2022

Como se puede observar en la figura 3, el mayor porcentaje de contaminación equivale a 5 y el menor a 1, teniendo así el mayor porcentaje de respuestas en el grado 3 con un 32,6%, lo cual, equivale a un total de 28 habitantes que consideran que su suministro de agua se encuentra medianamente contaminado; un 26,7% de personas encuestadas consideran que el grado de contaminación de su suministro es 2 y un 17,4% entre el grado 1 y 4; teniendo así que solo un porcentaje mínimo de 5,8% considera que existe un alto grado de contaminación en sus aguas para consumo humano y uso doméstico.

Tabla 4. Fuente de abastecimiento de agua para consumo humano

Pregunta 4	Frecuencia	Porcentaje
Pozo Propio	25	29,1
Río	0	0
Bidones	61	70,9
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

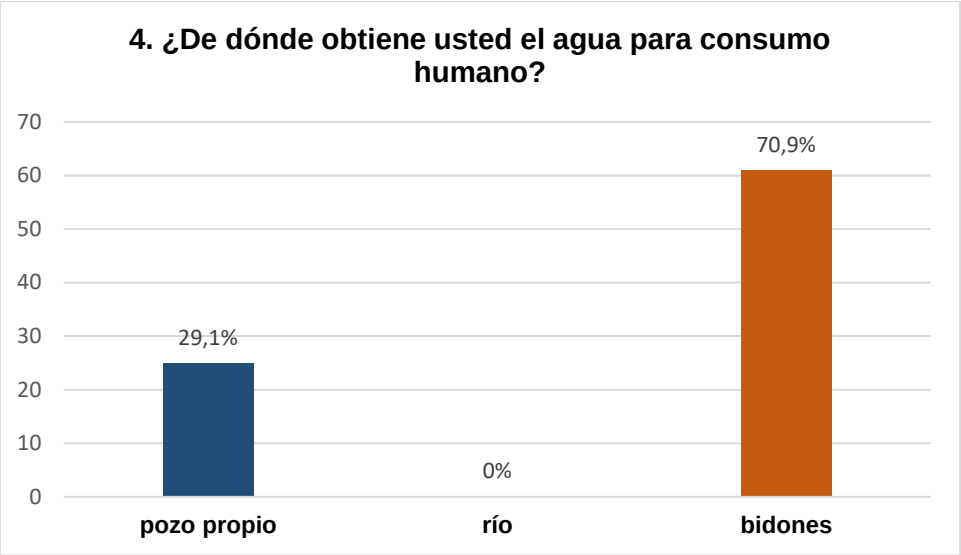


Figura 4. Fuente de abastecimiento de agua para consumo humano
Cazares y Chávez, 2022

Como podemos observar en la figura 4, un 70,9% de la población se abastece de bidones de agua para consumo humano, debido a que, la mayoría de personas no consideran que estas se encuentren actas para consumo humano y solo un 29,1% hace uso de las fuentes de abastecimiento subterráneas para consumo.

Tabla 5. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico

Pregunta 5	Frecuencia	Porcentaje
Pozo Propio	84	97,7
Río	2	2,3
Bidones	0	0
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

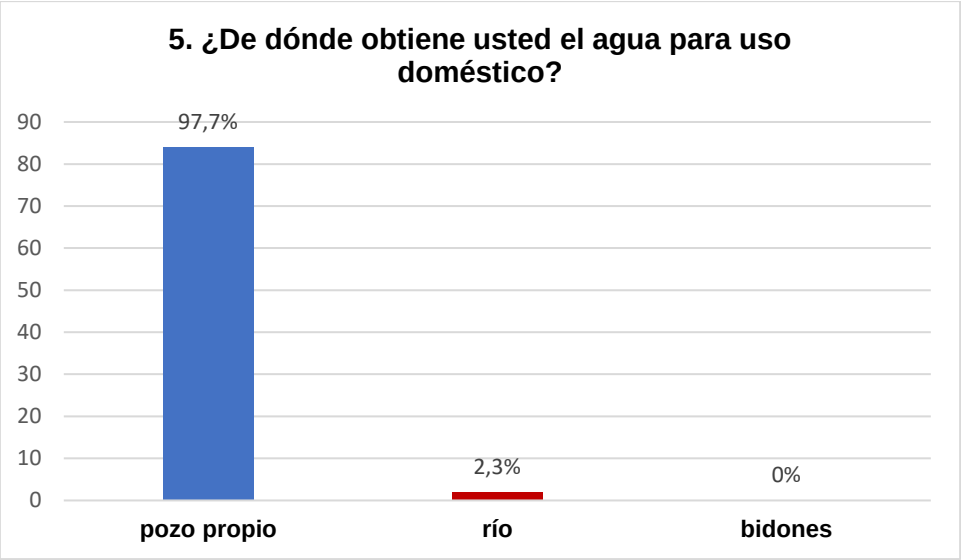


Figura 5. Fuente de abastecimiento de agua para uso doméstico
Cazares y Chávez, 2022

En la figura 5, podemos observar que el 97,7% de la población cuenta con pozo propio de abastecimiento de agua para uso doméstico, y solo un 2,3% hace uso del agua del río cercano a la comunidad para abastecerse de dicho recurso.

Tabla 6. Percepción de contaminación por actividades diarias

Pregunta 6	Frecuencia	Porcentaje
Si	35	40,7
No	51	59,3
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

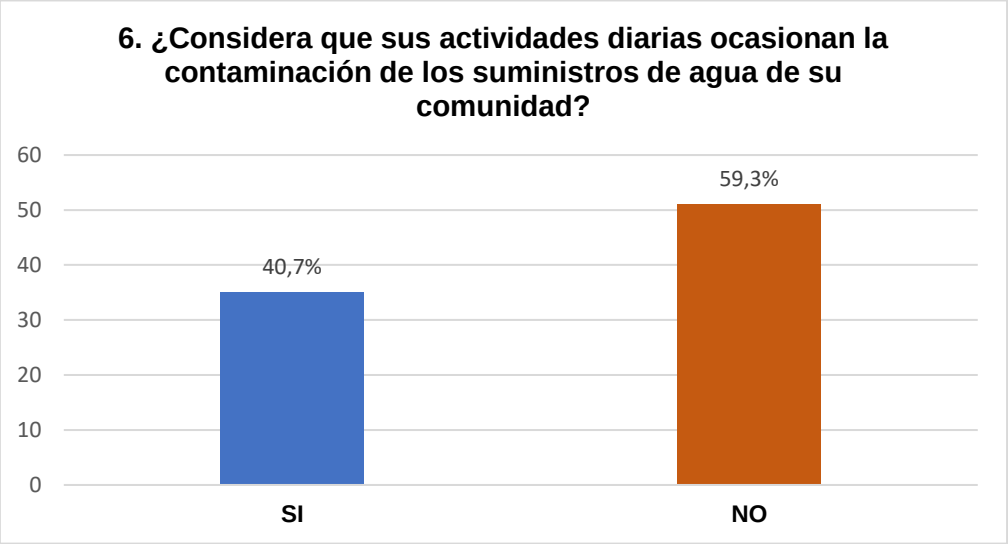


Figura 6. Percepción de contaminación por actividades diarias
Cazares y Chávez, 2022

La figura 6, indica que un 59,3% de habitantes no considera que sus actividades diarias ocasionen contaminación a sus suministros de agua y un 40,7% si consideran que acciones y actividades que realizan día a día podrían impactar de manera negativa su fuente de abastecimiento.

Tabla 7. Percepción de sabor del agua

Pregunta 7	Frecuencia	Porcentaje
Agradable	51	59,3
Desagradable	35	40,7
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

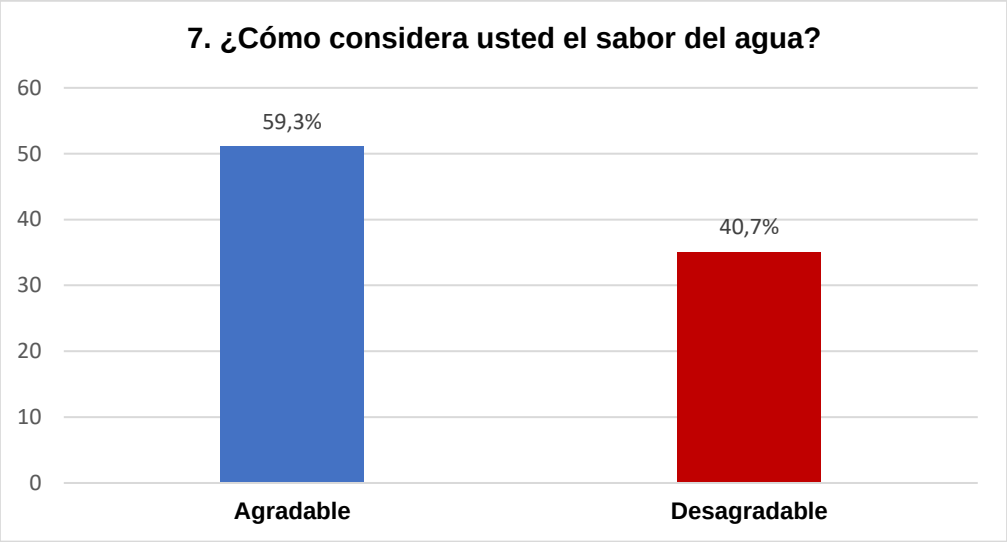


Figura 7. Percepción de sabor del agua
Cazares y Chávez, 2022

Como podemos observar en la figura 7, un 59,3% de la población en estudio dice que el sabor del suministro de agua es agradable mientras que un 40,7% menciona que el sabor de esta es desagradable aparentemente.

Tabla 8. Percepción de olor del agua

Pregunta 8	Frecuencia	Porcentaje
1	28	32,6
2	26	30,2
3	11	12,8
4	18	20,9
5	3	3,5
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

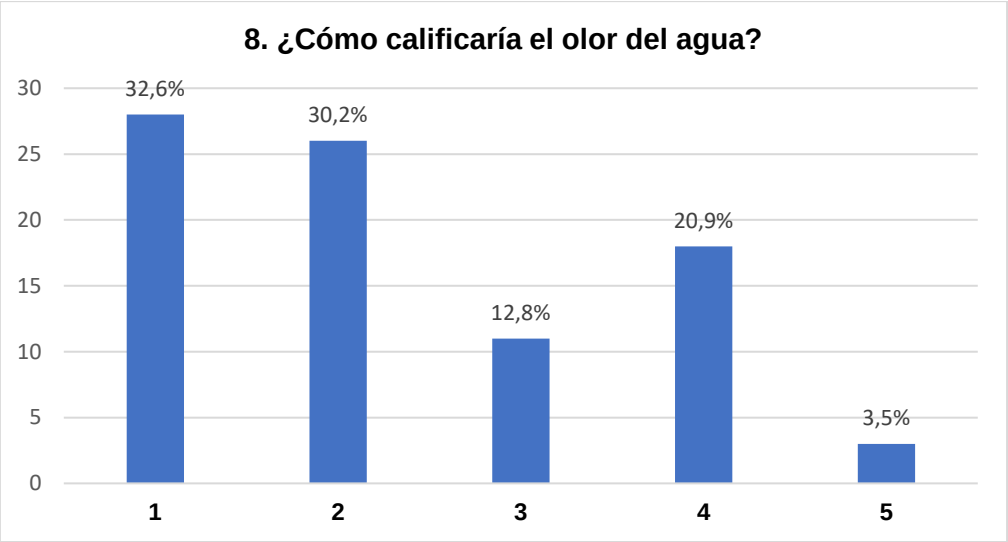


Figura 8. Percepción de olor del agua
Cazares y Chávez, 2022

La figura 8, muestra que un 62,8% lo cual equivale a más de la mitad de la población, califica el agua entre los grados 1 y 2 lo que significa que consideran que el olor del agua es poco desagradable, mientras que solo un 3,5% considera que el olor del agua es desagradable; y un 12,8% y 20,9% se encuentran entre los grados 3 y 4, respectivamente.

Tabla 9. Porcentaje de personas que han sufrido algún tipo de enfermedad originada por la contaminación del suministro del agua

Pregunta 9	Frecuencia	Porcentaje
Si	21	24,4
No	65	75,6
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

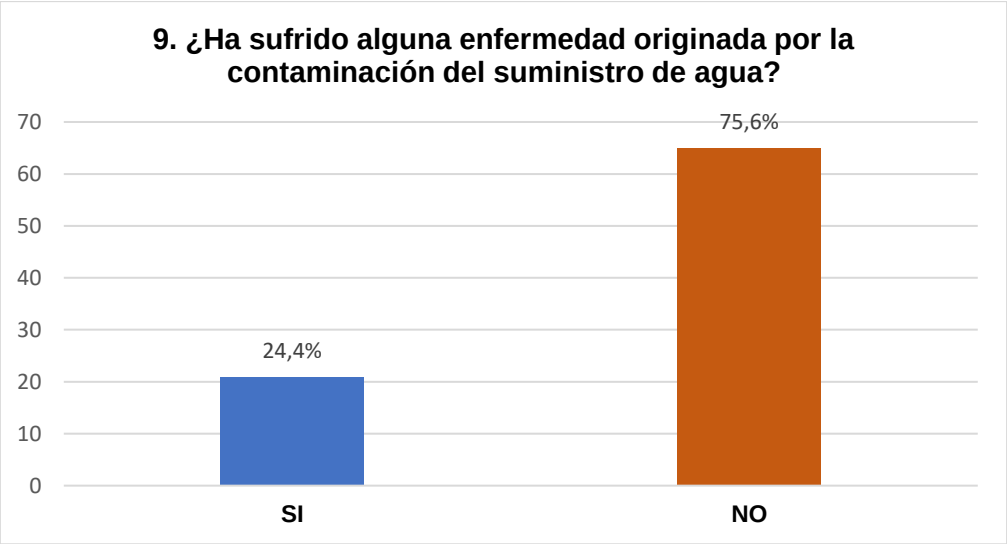


Figura 9. Porcentaje de personas que han sufrido algún tipo de enfermedad originada por la contaminación del suministro del agua
Cazares y Chávez, 2022

Tabla 10. Tipos de enfermedades ocasionadas por el consumo del suministro de agua

Pregunta 10	Frecuencia	Porcentaje
Diarrea	13	61,9
Fiebre	0	0
Hepatitis	0	0
Otra	8	38,1
Total	21	100

Cazares y Chávez, 2022

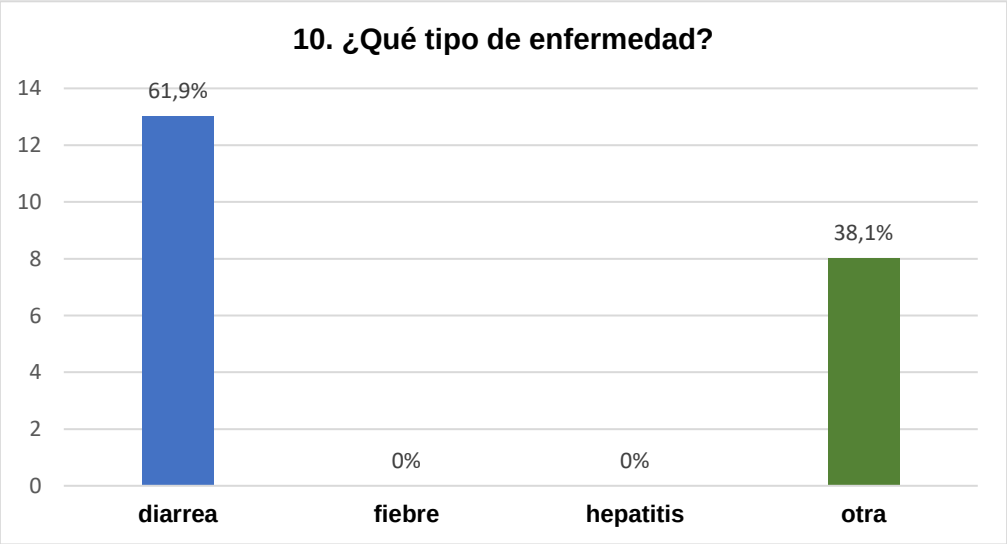


Figura 10. Tipos de enfermedades ocasionadas por el consumo del suministro de agua
Cazares y Chávez, 2022

Como podemos observar en las figuras 9 y 10, la mayor parte de habitantes (75,6%) no ha sufrido ninguna enfermedad a causa de su suministro de agua, sin embargo, el 24,4% restante indica haber sufrido enfermedades a causa del agua que se suministran, tales como diarrea con un 61,9% y otras como alergias, nacidos y dolores estomacales con un 38.1%.

Tabla 11. Uso del agua de pozo

Pregunta 11	Frecuencia	Porcentaje
Consumo Humano	0	0
Uso Doméstico	61	70,9
Consumo Humano Y Uso Doméstico	25	29,1
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

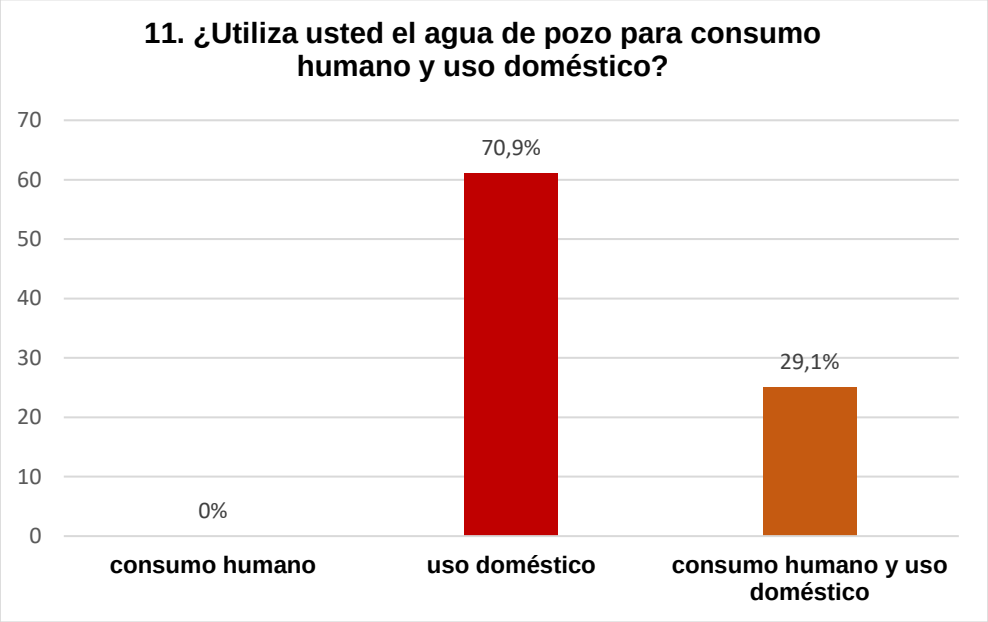


Figura 11. Uso del agua de pozo
Cazares y Chávez, 2022

Como se puede observar en la figura 11, el 70,9% de la población usa el agua del pozo únicamente para uso doméstico mientras que, solo un 29,1% las utiliza también para consumo humano con un tratamiento previo.

Tabla 12. Porcentaje de personas que realizan tratamiento al agua después de extraerla del pozo

Pregunta 12	Frecuencia	Porcentaje
Si	68	79,1
No	18	20,9
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

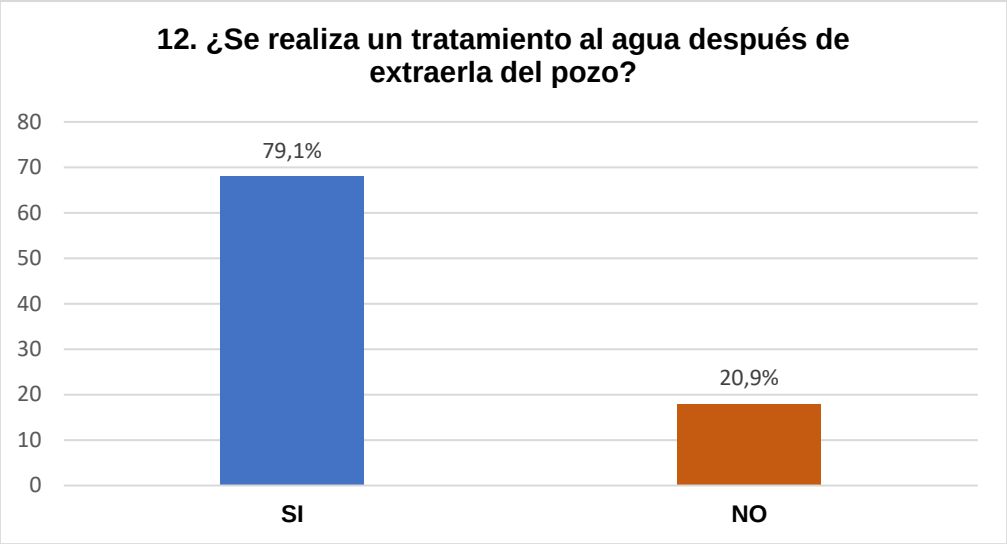


Figura 12. Porcentaje de personas que realizan tratamiento al agua después de extraerla del pozo

Cazares y Chávez, 2022

Tabla 13. Tratamientos aplicados al agua de pozo después de la extracción

Pregunta 13	Frecuencia	Porcentaje
Hierve	25	36,8
Cloro	38	55,9
Yodo	0	0
Filtro	5	7,4
Total	68	100

Cazares y Chávez, 2022

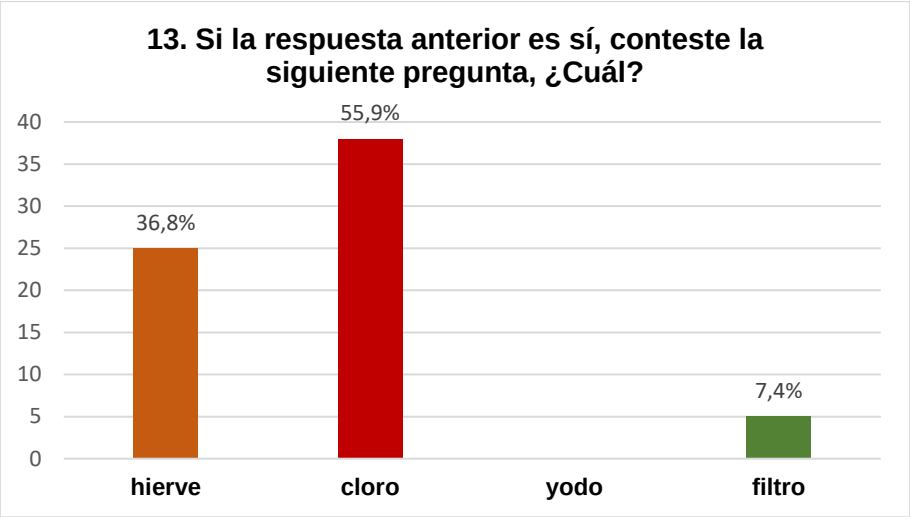


Figura 13. Tratamientos aplicados al agua de pozo después de la extracción
Cazares y Chávez, 2022

La figura 12, nos muestra que el 79,1% de habitantes realizan un tratamiento al agua del pozo, mientras que, en la figura 13 podemos observar que la mayor parte de ellos (55,9%) le adicionan cloro, un 36,8% la hierve, debido a que la usan para consumo humano y un 7,4% opta por ponerle filtro a las tuberías.

Tabla 14. Porcentaje de personas que están dispuestas a recibir capacitación

Pregunta 14	Frecuencia	Porcentaje
Si	79	91,9
No	7	8,1
Total	86	100

Cazares y Chávez, 2022

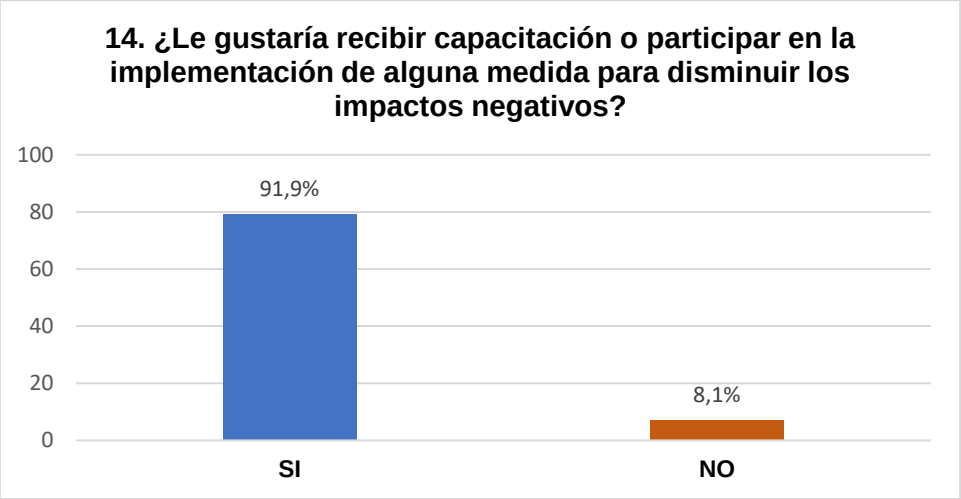


Figura 14. Porcentaje de personas que están dispuestas a recibir capacitación
Cazares y Chávez, 2022

En la figura 14, podemos observar que el 91,9% de la población estaría dispuesta a recibir capacitaciones o participar en la implementación de medidas que ayudan a disminuir los impactos negativos en los suministros de agua de su comunidad, sin embargo, un 8,1% de ellos no estaría dispuesta a participar en dichas actividades.

4.2. Caracterización de parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de las comunidades La Primavera y Las Mercedes, mediante análisis de laboratorio.

En la Tabla 20 (anexo 2), se puede apreciar los valores registrados del análisis de las 28 muestras de aguas subterráneas tomadas en la comunidad Las Mercedes (del Cantón 24 de Mayo), las mismas se realizaron bajo los requerimientos establecidos por la Norma Técnica INEM 2169:2013, y su posterior caracterización se efectuó acorde con la metodología seleccionada previamente para el análisis de las variables físico-químicas, y microbiológicas del agua (anexo 5).

En base a los datos presentados, en la Tabla 16 se muestran las características físicas-químicas y microbiológicas determinadas en el análisis de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad Las Mercedes.

Tabla 15. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad Las Mercedes

Parámetros	Promedio	Unidad
pH	7,6	-
Conductividad Eléctrica	1033,8	uS/cm
Turbiedad	2,2	UTN
Nitratos	30,8	mg/l
Dureza	1138,1	mg/l
Coliformes totales	672,0	NMP/100ml

Cazares y Chávez, 2022

De igual manera, en la Tabla 17, se presentan los resultados registrados del muestreo de aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de 9 puntos establecidos

en la comunidad La Primavera, que fueron realizados siguiendo la metodología antes descrita para el análisis de sus características paramétricas en la Tabla 17.

Tabla 16. Resultados del muestreo de aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad La Primavera

Punto	Parámetros					
	pH	Conductividad Eléctrica uS/cm	Turbiedad UTN	Nitratos mg/l	Dureza mg/l	Coliformes totales NMP/100ml
P1	7,5	525,7	1,1	15,0	293,3	706,7
P2	7,1	694,0	2,0	15,0	759,4	616,7
P3	7,3	281,3	1,1	10,0	584,7	10,0
P4	7,3	2095,3	1,0	25,0	875,3	1080,0
P5	7,8	1920,3	1,0	10,0	2044,7	206,7
P6	8,0	764,5	1,4	10,0	2628,0	246,7
P7	7,5	1031,7	1,1	10,0	1462,0	2403,3
P8	6,8	1398,7	13,8	15,0	1167,3	216,7
P9	7,5	540,0	1,4	10,0	875,3	203,3

Cazares y Chávez, 2022.

Tabla 17. Parámetros físicos-químicos y microbiológicos de las aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad La Primavera

Parámetros	Promedio	Unidad
pH	7,4	-
Conductividad Eléctrica	1027,9	uS/cm
Turbiedad	2,7	UTN
Nitratos	13,8	mg/l
Dureza	1187,8	mg/l
Coliformes totales	632,2	NMP/100ml

Cazares y Chávez, 2022.

Por lo tanto, con respecto al aspecto físico, las fuentes de agua subterráneas analizadas en ambas comunidades presentan un bajo nivel de turbiedad, mientras que en el aspecto químico, se puede resaltar que las muestras son ligeramente alcalinas, además de que contienen elevados valores de dureza y conductividad

eléctrica, que se asemejan entre si, a diferencia de la cantidad de nitratos, debido a que, esta presenta una mayor concentración en los puntos muestreados en el área de la comunidad Las Mercedes. En cuanto al aspecto microbiológico, se comprobó la presencia de coliformes totales en el agua subterránea de ambas zonas.

4.3. Análisis de los resultados de las muestras con la normativa vigente de calidad ambiental del recurso agua Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, mediante revisión bibliográfica.

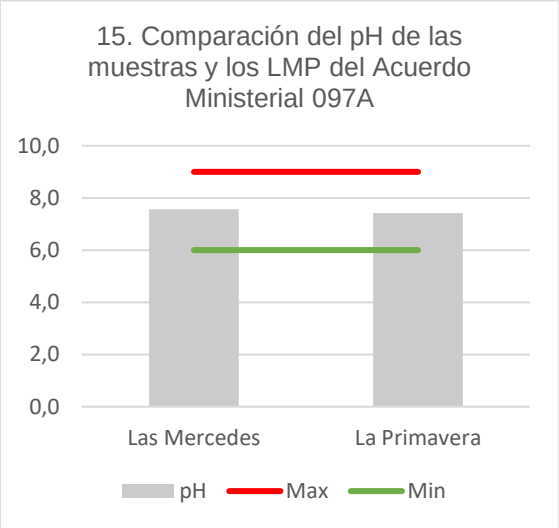
Con referencia a los resultados del muestreo de las aguas subterráneas en las comunidades La Primavera y Las Mercedes, se aplicó una estadística descriptiva, en el que se calculó la media y su respectiva desviación estándar para la comparación de los datos con los criterios de calidad de aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico estipulados por la OMS y el Acuerdo Ministerial 097A Anexo 1, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 18. Resultados de calidad de agua subterránea de las comunidades Las Mercedes y La Primavera en comparativa con la normativa vigente

Parámetros	**Unidad**	**C_1**	**C_2**	**Normativa**	
		X ± DE	**X ± DE**	**OMS**	**A.M 097A**
pH	-	7,6 ± 0,28	7,4 ± 0,35	-	6 – 9
Conductividad Eléctrica	25°C uS/cm	1033,8 ± 781,45	1027,9 ± 642,44	2500	-
Turbiedad	UTN	2,2 ± 4,38	2,7 ± 4,20	5	100
Nitratos	mg/l	30,8 ± 23,78	13,8 ± 5,00	50	50
Dureza	mg/l	1138,1 ± 523,69	1187,8 ± 743,86	500	-
Coliformes totales	UFC100ml*; NMP/100ml	672 ± 471,90	632,2 ± 743,02	0*	1000

Nota:
C_1 y C_2 hacen referencia a las comunidades Las Mercedes y La Primavera, respectivamente.
X hace referencia a la media y DE a la desviación estándar.
Cazares y Chávez, 2022.

A continuación, se evidencia mediante la figura 15 y 16, que los valores de pH y Conductividad eléctrica en ambas comunidades se encuentran dentro de los límites máximos permitidos según el Acuerdo Ministerial 097 A y la OMS.



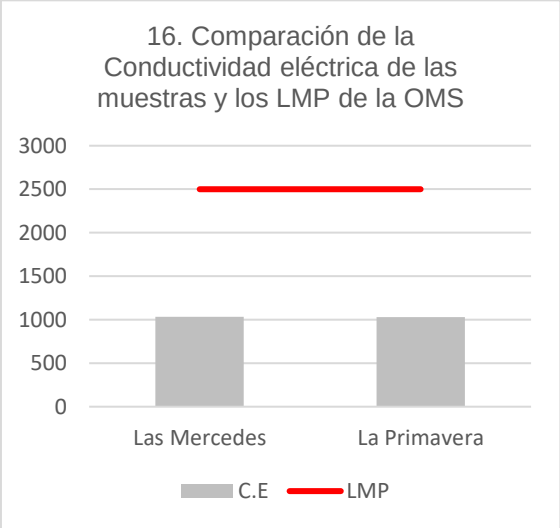
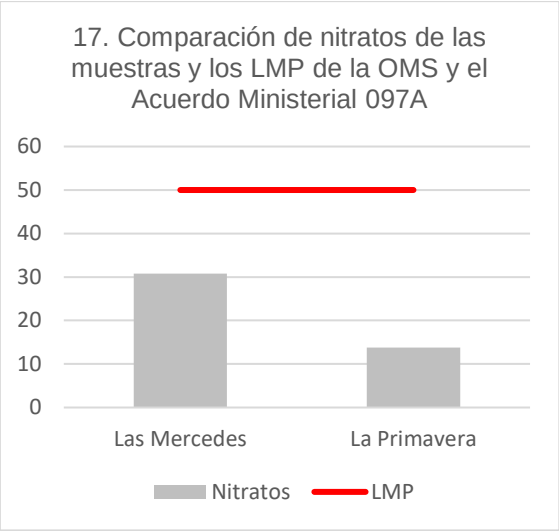


Figura 15. Comparación del pH de las muestras y LMP del Acuerdo Ministerial 097A,
Figura 16. Comparación de la Conductividad eléctrica de las muestras y los LMP de la OMS
Cazares y Chávez, 2022

En la figura 17 y 18, se observa los valores promedio de nitratos y de dureza del agua muestreada, demostrando que la cantidad de nitratos identificados en las muestras tomadas de la Comunidad La Primavera difiere significativamente con el valor obtenido de la comunidad Las Mercedes, siendo estos de 13,8 mg/l (±23,78) y 30,8 mg/l (±5,0) respectivamente. Sin embargo, las cantidades no exceden el límite permisible, mientras que los valores de dureza sobrepasan el límite establecido con un 127,6% en la comunidad Las Mercedes y un 137,5% en La Primavera.



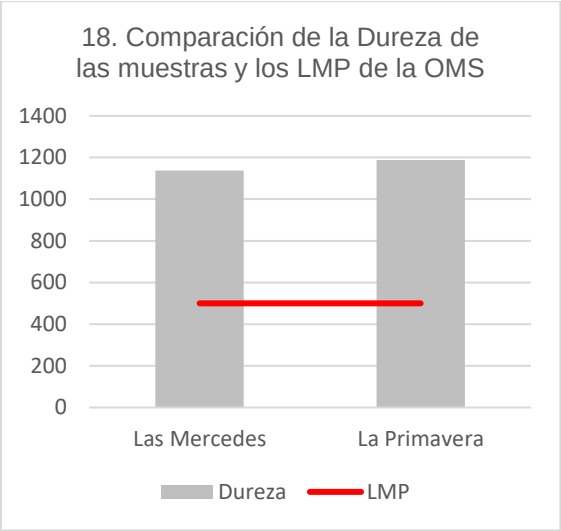
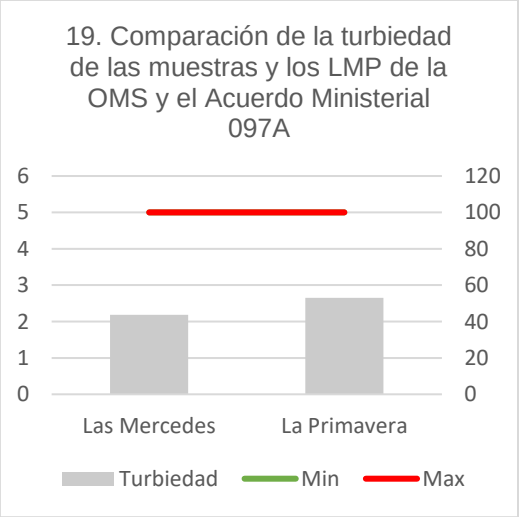


Figura 17. Comparación de nitritos de las muestras y los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097A
Figura 18. Comparación de la Dureza de las muestras y los LMP de la OMS
Cazares y Chávez, 2022

En la figura 19 y 20, se evidencia que los valores de turbiedad y Coliformes totales presentes en el agua analizada se encuentran dentro de los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097 A. No obstante, la cantidad de coliformes totales recomendada por la OMS es de 0 UFC/100 Ml (ausencia), por lo tanto, ya que las muestras cuentan con la presencia de coliformes totales, se encuentran fuera del límite señalado para el consumo humano y uso doméstico.



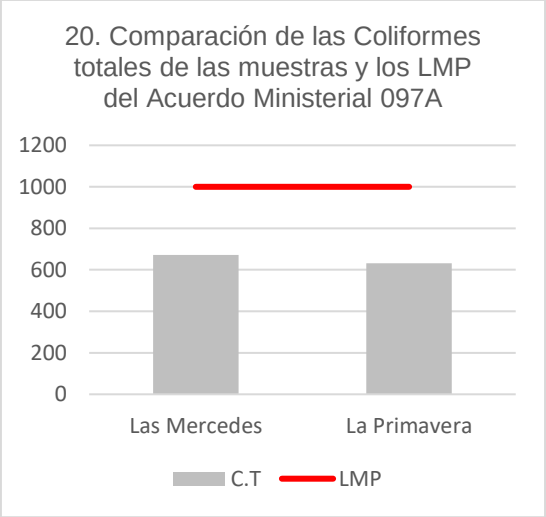


Figura 19. Comparación de la turbiedad de las muestras y los LMP de la OMS y el Acuerdo Ministerial 097A
Figura 20. Comparación de las Coliformes totales de las muestras y los LMP del Acuerdo Ministerial 097A
Cazares y Chávez, 2022

Luego de analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea se procedió a realizar una prueba estadística de T-Student para determinar la significancia entre las medias de las dos comunidades, esto dio como resultado que el Estadístico de t con un valor de 0.00679 es menor al Valor crítico de T (una cola) que resultó ser de 1.8124.

Esto indica que el valor de las medias del primer grupo (Las Mercedes) es mayor en comparación con el segundo (La Primavera) y, por lo tanto, existe una diferencia significativa entre los grupos, en concordancia con el Valor crítico de T (dos colas), razón por la que se decide rechazar la hipótesis nula H_o: $\mu_1 = \mu_2$ para aceptar la hipótesis alternativa H_i: $\mu_1 \neq \mu_2$, como podemos observar en la Tabla 20.

Tabla 19. Prueba T- Student para diferencia de media entre dos grupos

	C_1	C_2
Media	480,7520833	478,6296296
Varianza	286010,2757	298588,6246
Observaciones	6	6
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	0,006799623	
P(T<=t) una cola	0,497354232	
Valor crítico de t (una cola)	1,812461123	
P(T<=t) dos colas	0,994708464	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228138852	

Nota:
C_1 y C_2 hacen referencia a las comunidades Las Mercedes y La Primavera, respectivamente.
Cazares y Chávez, 2022.

Es decir, que la calidad del agua subterránea se verá afectada en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos por la presencia de pozos ciegos en las comunidades La Primavera y Las Mercedes del cantón 24 de mayo, ya que a pesar

de no presentarse en todos los parámetros si existieron valores significativos que pueden afectar la calidad del agua muestreada.

4.4. Propuesta de medidas que ayuden a minimizar los impactos negativos que se generan en estas comunidades por presencia de pozos ciegos, mediante análisis bibliográfico.

Es de vital importancia que el agua suministrada en estas comunidades cumpla con los parámetros de calidad establecidos para consumo humano y uso doméstico como lo indica el acuerdo ministerial 097-A anexo 1 tabla 1 y OMS.

Al realizar la respectiva inspección en las áreas de estudio se pudo observar que entre los principales problemas que se encuentran en los pozos de agua subterránea se tiene:

- Ausencia de un sistema de limpieza de los pozos
- Estos se encuentran a la intemperie
- La distancia entre el pozo de agua y pozo ciego es menor a la estipulada (35m).

A su vez, a través de los análisis realizados se determinó que los parámetros que exceden los límites máximos permisibles fueron coliformes totales y dureza, para lo cual se propondrán medidas adecuadas para la minimización de los impactos causados por los mismos; si bien se encuentran presenten bacterias coliformes en el agua para consumo humano, su riesgo de contraer una enfermedad transmitida por el agua aumenta, por lo que, una muestra positiva de coliformes totales debe considerarse una indicación de contaminación, por otro lado, según la OMS, la ingesta de aguas duras puede contribuir a la prevención de la osteoporosis y los eventos cardiovasculares debido a que esta presenta calcio y

magnesio. Sin embargo, hay estudios que indican que las aguas muy duras podrían generar problemas en la piel (dermatitis atópica).

Las medidas propuestas para ayudar a minimizar los impactos negativos se determinaron en base a los resultados obtenidos de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como también, la encuesta de percepción.

4.4.1. Cloración continua

Según la empresa (Carbotecnia, 2021) el cloro elimina las bacterias del agua, este consiste en introducir cloro en el agua ya sea por medio de una bomba dosificadora o un clorador por gravedad. El cálculo de la cantidad de cloro a utilizar dependerá de los resultados de las pruebas de presencia de coliformes y otros compuestos orgánicos, el tiempo de contacto del cloro para la cloración continua es normalmente de 30 minutos para eliminar bacterias.

4.4.2. Luz ultravioleta

Según la empresa (Scalebuster, 2018) el sistema ultravioleta es un equipo de tratamiento UV con la necesaria prefiltración del agua a tratar. Se puede instalar tanto a la entrada general de la vivienda como también bajo el fregadero o cualquier otro punto de la casa que se necesite tratar. Este equipo se compone de dos filtros y un efectivo esterilizador ultravioleta con tratamiento bactericida para neutralizar microorganismos del agua. El agua a tratar pasa a través de una cámara de acero inoxidable la cual contiene la lámpara ultravioleta (UV). A medida que la corriente de agua atraviesa la lámpara, los microorganismos responsables de enfermedades reciben una dosis letal de luz UV que ataca al corazón de su ADN radicando su capacidad de reproducirse, inclusive los microorganismos resistentes al cloro pasan a ser inofensivos tras su exposición a la luz ultravioleta. Este sistema en conjunto con un descalcificador serviría para tratar el problema de las aguas duras.

Si bien es cierto que las medidas antes mencionadas, sirven para tratar la contaminación por microorganismos y el problema de aguas duras, se debe llevar a cabo en primera instancia la ejecución de medidas básicas que ayuden a minimizar los impactos en estas comunidades. Según (Pure Aqua, 2019), entre estas se encuentran, prácticas de mantenimiento tales como:

- Asegurarse de que el pozo de agua se encuentre debidamente tapado, para evitar la proliferación de vectores, restos de animales, y a su vez, que estos ingresen al pozo.
- Dar mantenimiento y limpieza periódica al pozo de agua, para evitar que se generen impurezas (lama, moho, compuestos orgánicos, microorganismos).
- Mantener una distancia adecuada entre el pozo de agua y el pozo ciego, con el fin de evitar infiltraciones del pozo ciego al pozo de agua.

5. Discusión

En general, los resultados indican que las características físicos-químicos se encuentran dentro del rango permitido por la OMS y el Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1, a excepción del parámetro de dureza que sobrepasa los 500 mg/l. Esto concuerda con el estudio realizado por Sánchez, et al., (2016), sobre la calidad del agua subterránea del acuífero sur de Quintana Roo, que presume una contaminación de origen antropogénico por aguas residuales domésticas y uso de fertilizantes, al exceder la dureza total con un 60%; mientras que los valores promedio del estudio excedieron el límite con un 127,6% y 137,5%, por lo cual no se considera favorable para el uso doméstico y consumo.

En cuanto al análisis microbiológico, los coliformes totales sobrepasan los límites descritos por la OMS en los puntos muestreados con un rango de 672 NMP/100ml (±471,9) y 632,2 NMP/100ml (±743). Según Coelho et al., (2017), esto señala que el agua muestreada no es recomendable para consumo humano sin un tratamiento previo o proceso de desinfección, lo que puede ocasionar afectaciones en la salud de la población que se abastece de fuentes subterráneas para consumo (29,1%) y no aplica un tratamiento eficiente para su eliminación.

Con respecto a los valores de pH, al igual que los resultados del estudio realizado en aguas subterráneas por Castillo, Barrezueta, y Arbito (2019), la presente investigación también mostró una tendencia hacia la alcalinidad, ya que se identificaron valores de 7,6 (±0,28) y 7,4 (±0,35) que indican que el agua posee una alcalinidad moderada. Sin embargo, no se evidenció una salinidad baja, como lo hizo Pereira et al., (2018), ya que el agua muestreada alcanzó un rango de C.E de 1027,9 uS/cm (±642,4) y 1033,8 uS/cm (±781,5), lo que de acuerdo con Brousett, et al., (2018), puede relacionarse a la complejidad de sustancias químicas que

migran hacia el nivel freático arrastrando sustancias solubles como las sales, lo que ocasiona una mayor concentración de los valores de conductividad en estas aguas.

6. Conclusiones

- Mediante la encuesta realizada a los pobladores de las Comunidades Las Mercedes y La Primavera se pudo determinar que una gran cantidad de personas considera que existe contaminación en el suministro de agua de su comunidad.
- El estudio también determinó que las aguas subterráneas de las dos comunidades, cumplen con los parámetros de calidad de agua fisicoquímicos estipulados por la OMS y la normativa vigente, para el consumo humano y uso doméstico, a excepción del parámetro de dureza que excede lo permitido con cantidades excedentes de 638,1 mg/l y 687, 8 mg/l, respectivamente.
- Además, se concluyó que el agua no cumple con los parámetros microbiológicos de calidad de agua de la OMS, ya que (a pesar de no sobrepasar el límite del Acuerdo Ministerial 097-A anexo 1) el agua subterránea cercana a los pozos ciegos en ambos sectores tiene presencia de coliformes totales, situación que tenderá a ocasionar afectaciones en la salud de los usuarios al no contar con un sistema de tratamiento de aguas servidas y deban realizarse de forma independiente.
- Por lo que, la cloración continua, la luz ultravioleta y las prácticas de mantenimiento, serian métodos eficientes y económicamente rentables para la mejora de la calidad del agua subterránea de consumo humano y uso doméstico, de las comunidades Las Mercedes y La primavera.

7. Recomendaciones

- Se recomienda que se realicen capacitaciones a los habitantes de las comunidades en estudio, sobre la calidad del agua, métodos de gestión y construcción debido a que si el agua no cumple con los requerimientos de calidad puede causar impactos negativos a corto y largo plazo.
- Se considera necesario promover el conocimiento requerido en las comunidades que no dispongan de un sistema de tratamiento o alcantarillado, para la aplicación de tratamientos que permitan contrarrestar las elevadas concentraciones de dureza y presencia de los coliformes en el agua extraída de fuentes de abastecimiento alternas. A su vez, realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos de manera periódica, para asegurar la calidad del agua y el bienestar de los habitantes de las comunidades en estudio.
- Así mismo, se recomienda la mejora en la gestión de los residuos depositados en los pozos ciegos y la búsqueda de alternativas eficientes para la construcción de pozos que impidan la filtración de estos contaminantes en los niveles freáticos, en el caso de que no se cuente con la opción de acceder a los servicios básicos.
- Los pozos de agua deben ser analizados como mínimo una vez al año para determinar si existe presencia de bacterias coliformes, sobre todo si estos son de poca profundidad, debido a que son más susceptibles a ser contaminados.

8. Bibliografía

Andrade, J. (15 de Febrero de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón 24 de Mayo.* Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón 24 de Mayo. Obtenido de https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-24-DE-MAYO-2015-2025.pdf

Asociación Estadounidense de Salud Pública. (27 de Agosto de 2018). *Alcalinidad.* Obtenido de standardmethods.org: https://www.standardmethods.org/doi/abs/10.2105/SMWW.2882.023

Brousett, M., Chambi, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (Marzo de 2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano. *Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia, 15*(15). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v15n15/v15n15_a05.pdf

Calabuig Neteges. (2021). *Pozos Ciegos*. Obtenido de Limpiezas Calabuig: https://www.limpiezascalabuig.com/?s=sec_din/vis_lst.php&nt=tienda_subsecciones&nc=codigo&vc=61&titulo=%C2%BFQu%C3%A9%20es?&lst=ficha&tit_sec=Pozos%20ciegos

Carbotecnia. (Octubre de 2021). *Bacterias coliformes en el agua potable*. Obtenido de https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/

Castillo, S., Barrezueta, S., & Arbito, J. (31 de Diciembre de 2019). Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador. *Ciencia UNEMI, 12*(31). Obtenido de http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/903/909

Código Orgánico del Ambiente. (6 de Abril de 2017). Obtenido de Lexis: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

Coelho et al. (Febrero de 2017). The monitoring of water wells as health evaluation strategy in Rural Community in São Luís City, MA, Brazil. *Ambiente&Agua, 12*(1). doi:10.4136/ambi-agua.1962

Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). Obtenido de Lexis: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas. (2014). *Decenio Internacional para la Acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Obtenido de Un water: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

El Diario Ediasa S.A. (15 de Julio de 2018). En la zona rural aún se usan pozos ciegos. *Construir pozos sépticos en las zonas rurales de Manabí sigue vigente ante la falta de alcantarillado y agua potable.* Obtenido de El Diario: https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/477146-en-la-zona-rural-aun-se-usan-pozos-ciegos/

Escobar Neteges industrial, Desembussaments I Buidats. (3 de Diciembre de 2014). *¿Qué es una fosa séptica o pozo negro?* Obtenido de escobarsl: https://escobarsl.com/que-es-una-fosa-septica-o-pozo-negro/

Facsa. (23 de Enero de 2017). *Ciclo Integral del Agua*. Obtenido de https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/

Facsa Ciclo integral del agua. (23 de enero de 2017). *Los Nitratos.* Obtenido de Facsa: https://www.facsa.com/los-nitratos/

Fuentes, J. (1992). *Aguas subterráneas.* Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf.

Gobierno Parroquial Arq. Sixto Duran Ballen. (Septiembre de 2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) Arq. Sixto Duran Ballen 2020-2025.* Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Arq. Sixto Duran Ballen. Obtenido de https://gadsixtoduranballen.gob.ec/manabi/wp-content/uploads/2021/09/PDYOT-Sixto-Duran-Ballen-1.pdf

González, C. (Octubre de 2011). *Monitoreo de la calidad del agua.* Obtenido de academic.uprm.edu: https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf

Hach. (2021). *¿Qué es la alcalinidad?* Obtenido de https://es.hach.com/parameters/alkalinity

Hernández, S. (2018). Análisis de la percepción en la contaminación de arroyos urbanosS en la microcuenca El Riíto en Tonalá Chiapas. *(Tesis de posgrado).* El Colegio de la Frontera Norte. Obtenido de https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Hern%C3%A1ndez-Solorzano-Sergio.pdf

Induanálisis Laboratorio Ambiental. (4 de Junio de 2019). *DBO y DQO*. Obtenido de Induanalisis: https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31

INEN 1106. (2013). *Aguas. Determinación de Oxígeno Disuelto.* Obtenido de normalizaciongob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1106.pdf

INEN 1202. (1985). *Aguas. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1202.pdf

INEN 1205. (2013). *Agua. Determinación del Número Total de Bacterias en Placas.* Obtenido de https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1205-1-AGUA.-DETERMINACI%C3%93N-DEL-N%C3%9AMERO-TOTAL-DE-BACTERIAS-EN-PLACAS.pdf?x42051

INEN 971. (1983). *Agua Potable. Determinación de la Turbiedad. Método Nefelométrico .* Obtenido de normalizaciongob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/971.pdf

INEN 973. (1983). *Agua Potable. Determinación del pH.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/973.pdf

INEN 974. (2014). *Agua Potable. Determinación de la Dureza Total por Titulación con EDTA.* Obtenido de normalizaciongob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_974.pdf

INEN 975. (1982). *Agua Potable. Determinación de Nitratos.* Obtenido de normalizaciongob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/975.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 2169. (2013). *Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras.* Obtenido de trabajo.gob: https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACI%C3%93N-DE-MUESTRAS.pdf?x42051

Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 10523. (2008). *Calidad del Agua. Determinación del pH.* Obtenido de normalizaciongob.ec: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/10523-UNIDO-EX.pdf

International Groundwater Resources Assesment Centre. (2001). *¿Qué es el agua subterránea?* Obtenido de Un-igrac.org: https://www.un-igrac.org/es/es/que-es-agua-subterranea

Ley de Gestion Ambiental. (10 de Septiembre de 2004). Obtenido de Lexis: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-GESTION-AMBIENTAL.pdf

Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo. (30 de Junio de 2016). Obtenido de habitat y vivienda: https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Ley-Organica-de-Ordenamiento-Territorial-Uso-y-Gestion-de-Suelo1.pdf

Ley Orgánica de Salud. (22 de Diciembre de 2006). Obtenido de Lexis: https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf

Molina, A., Pozo, M., & Serrano, J. (2018). *Agua, saneamiento e higiene: Medicion de los ODS en Ecuador.* Obtenido de Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos y UNICEF: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf

Netjet Clean. (4 de Mayo de 2020). *Principales ventajas e inconvenientes de un pozo negro*. Obtenido de netjet.es: https://www.netjet.es/principales-ventajas-e-inconvenientes-de-un-pozo-negro/

Ortiz, W., & Velasquez, L. (2015). Analisis comparativo sobre los impactos ambientales, presupuesto y funcionalidad en sanitarios secos ecologicos (vs) pozos septicos convencionales en la vereda santuario del municipio de

Jerusalen. *(Tesis de pregrado).* Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5539/PROYECTO%20DE%20GRADO%20%28ULTIMO%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Paredes, J. (2013). *Importancia del agua*. Obtenido de usmp.edu: https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html

Patagónico. (5 de Junio de 2011). Promueven una “planta de tratamiento hogareña” en reemplazo del “pozo ciego”. *elPatagónico*. Recuperado el 2021, de https://www.elpatagonico.com/promueven-una-planta-tratamiento-hogarena-reemplazo-del-pozo-ciego-n1397927

Peña, E. (26 de Junio de 2007). *Calidad de agua trabajo de investigación oxigeno disuelto.* Obtenido de dspace.espol: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf

Pereira et al. (Febrero de 2018). Influência do lançamento de esgotos na qualidade das águas do aquífero aluvial do Rio Sucuru,. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 23*. doi:https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820160052

Porras et al. (1985). *Calidad y Contaminación de las aguas subterráneas en España.* Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/3_1.pdf

Porras, J., Nieto, P., Alvarez, C., Fernández, A., & Gimeno, M. (1985). *Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España.* Obtenido de https://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/3_1.pdf

Pradillo, B. (12 de Septiembre de 2016). *Parámetros de control del agua potable*. Obtenido de [Entrada de blog]: https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable

Pure Aqua, I. (24 de Septiembre de 2019). *Eliminaciòn de Coliformes del Agua*. Obtenido de https://es.pureaqua.com/eliminacion-de-coliformes-del-agua/

Reglamento Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. (21 de Agosto de 2015). Obtenido de Lexis: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ley-Recursos-Hidricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf

Rodríguez, H. (13 de Marzo de 2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. Obtenido de [Entrada de blog]: https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/aguas-residuales-y-efectos-contaminantes

Sánchez, A., Álvarez, T., Pacheco, G., Carrillo, L., & González, A. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua, 7*(4). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000400075&lang=es

Scalebuster. (2018). *Guía para propietarios de pozos*. Obtenido de https://www.scalebuster.es/consejos/como-potabilizar-agua-de-pozo/

Swistock, B. (Octubre de 2020). *Bacterias coliformes*. Obtenido de PennState Extension: https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes

Tapia, L. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A.* Obtenido de http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf

Tapia, L. (Noviembre de 2015). *Acuerdos 097-A. Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria.* Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Tribunal Latinoamericano del Agua. (26 de Abril de 2012). *Situacion Hídrica en America Latina*. Obtenido de Tragua: http://tragua.com/situacion-hidrica-en-america-latina/

Truque, P. (2018). *Armonización de los Estándares de Agua Potable en Las Américas.* Obtenido de https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf

Vázquez, E., & Rojas, T. (Mayo de 2016). *pH: Teoría y 232 problemas.* Obtenido de http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/17pHTeoriayproblemas.pdf

World Health Organization. (2011). *Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano.* Obtenido de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1

9. Anexos

9.1. Anexo 1. Figuras complementarias

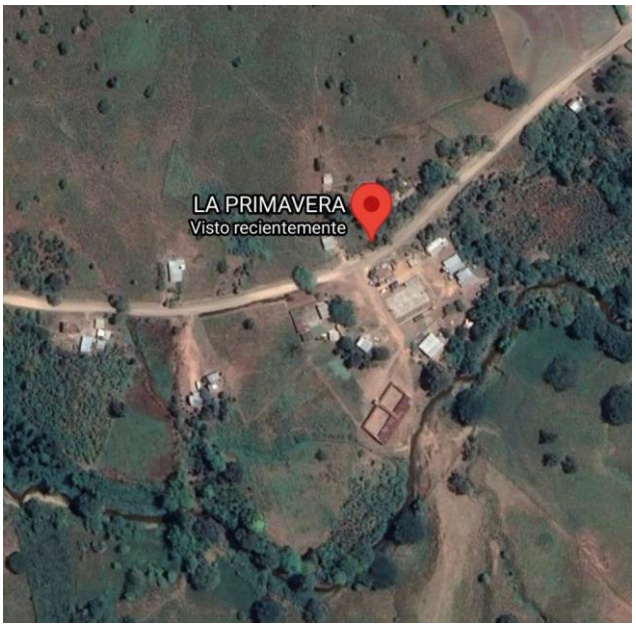


Figura 21. Imagen Satelital de la Comunidad La Primavera
Fuente: Tomada de Google Maps

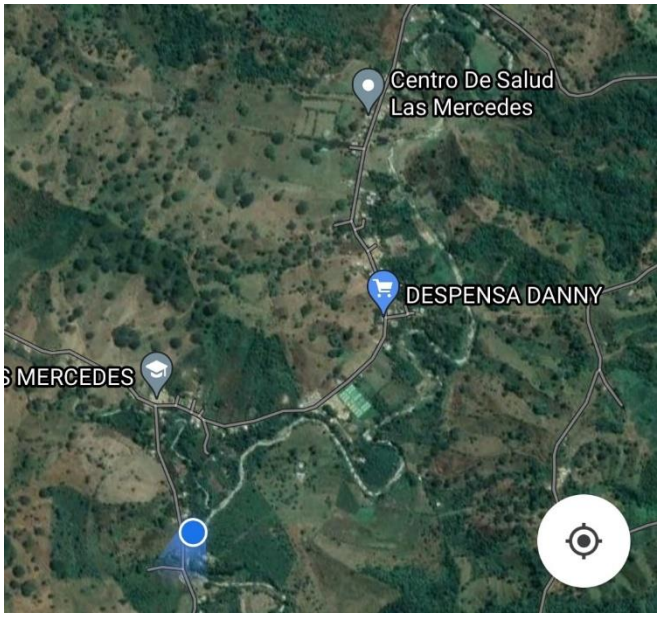


Figura 22. Imagen Satelital de la Comunidad Las Mercedes
Fuente: Tomada de Google Maps

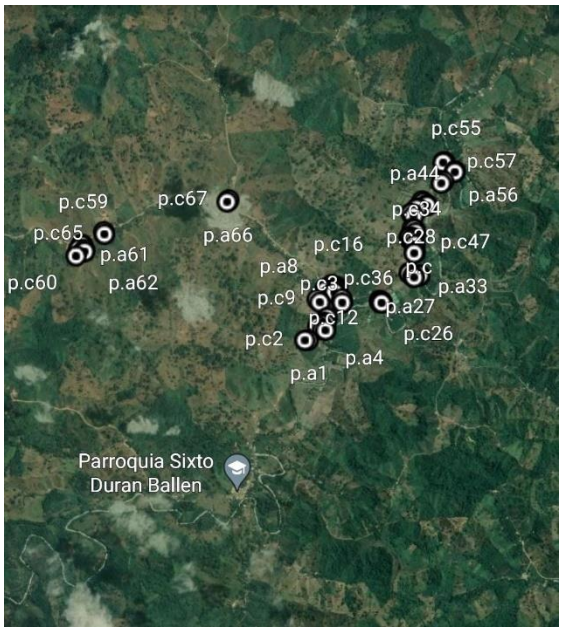


Figura 23. Mapa de Ubicación de Pozos
Nota: pc y pa: hacen referencia a pozo ciego y pozo de agua, respectivamente.
Fuente: Tomada de Google Maps

Figura 24. Visita técnica a la parroquia de las Comunidades en estudio
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 25. Realización de Encuesta de Percepción
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 26. Toma de coordenadas de puntos de muestreo
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 27. Toma de muestra de agua de pozo
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 28. Análisis de parámetro de pH in situ
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 29. Análisis de parámetros de Turbidez y Conductividad
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 30. Análisis de parámetro de Dureza
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 31. Análisis de parámetro de nitratos
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

Figura 32. Conteo De Coliformes Totales en el contador de colonias
Fuente: Cazares y Chávez, 2022

9.2. Anexo 2. Tabla de Resultados

Tabla 20. Resultados del muestreo de aguas subterráneas cercanas a pozos ciegos de la comunidad Las Mercedes

Punto	Parámetros					
	pH	Conductividad Eléctrica uS/cm	Turbiedad UTN	Nitratos mg/l	Dureza mg/l	Coliformes totales NMP/100ml
P1	7,3	454,3	1,5	10,0	873,7	613,3
P2	7,7	647,3	1,5	20,0	1164,3	1180,0
P3	7,6	400,7	2,0	15,0	761,4	1073,3
P4	7,0	394,0	1,4	25,0	582,0	746,7
P5	7,5	1039,0	1,1	83,3	1163,7	323,3
P6	7,8	663,0	0,8	50,0	582,0	870,0
P7	7,8	469,0	1,1	25,0	582,3	733,3
P8	7,2	510,0	1,4	20,0	1165,7	440,0
P9	7,5	440,7	1,2	33,3	872,7	706,7
P10	7,3	781,3	1,2	10,0	1165,3	36,7
P11	7,5	1596,3	1,1	15,0	1573,9	790,0
P12	7,7	572,3	1,1	25,0	583,3	103,3
P13	7,3	1265,7	1,0	25,0	583,7	1026,7
P14	7,8	1843,0	1,2	20,0	2334,7	1213,3
P15	7,4	738,3	1,3	20,0	1165,0	1216,7
P16	7,8	522,7	5,5	10,0	1225,1	1223,3
P17	7,4	938,0	1,1	25,0	1461,0	53,3
P18	8,1	1401,3	0,9	25,0	1165,3	1053,3
P19	7,9	3090,0	1,0	83,3	1654,0	1086,7
P20	7,7	1000,0	1,0	25,0	2336,0	1103,3
P21	7,8	701,0	1,1	50,0	875,3	206,7
P22	7,1	440,3	1,0	10,0	1166,0	33,3
P23	7,7	495,0	1,1	50,0	584,0	43,3
P24	7,1	3458,0	1,5	15,0	584,0	26,7
P25	7,6	998,7	1,4	41,7	1166,0	106,7
P26	7,8	1739,3	1,2	10,0	2336,0	1276,7
P27	7,6	1851,7	24,1	20,0	995,0	226,7
P28	7,8	496,7	1,4	100,0	1166,0	1303,3

Cazares y Chávez, 2022

9.3. Anexo 3. Tablas de Límites Máximos Permisibles

Tabla 21. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y uso doméstico

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	$CN^{<}$	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino< Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,05
Fluoruro	$F^{<}$	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO_5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/ l	0, 006
Nitratos	NO_3	mg/l	50,0
Nitritos	NO_2	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO4 < 2	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Fuente: (Tapia, Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Tabla 22. Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano según la OMS

PARÁMETRO	LMP	REFERENCIA
Coliformes totales UFC/100 mL	0 (ausencia)	(1)
Coliformes termotolerantes, UFC/100 mL	0 (ausencia) No se debe detectar en ninguna muestra de 100 ml	(1)
Bacterias heterotróficas, UFC/mL	500	(1)
pH	No se propone ningún valor de referencia	(1)
Turbiedad	5	(1)
Conductividad, 25°C uS/cm	2500	(3)
Color	20	(2)
Cloruros mg/l	250	(2)
Sulfatos mg/l	250	(2)
Dureza mg/l	500	(3)
Nitratos mg $NO3^-$	50*	(1)
Hierro mg/l	0,3	0,3 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Manganeso mg/l	0,2	0,2 (Fe + Mn = 0,5) (2)
Aluminio	0,2	(1)
Cobre mg/l	3	(2)
Plomo mg/l	0,1*	(2)
Cadmio mg/l	0,003*	(1)
Arsénico mg/l	0,1*	(2)
Mercurio mg/l	0,001*	(1)
Cromo mg/l	0,05*	(1)

Fuente: (World Health Organization, 2011) (Truque, 2018)

Notas:

(1) Valores tomados provisionalmente de los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (1995)

(2) Valores establecidos en la norma nacional “Reglamento de Requisitos Oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”, aprobado por Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946

(3) En el caso de los parámetros de conductividad y dureza, considerando que son parámetros que afectan solamente la calidad estética del agua, tomar como referencia los valores indicados, los que han sido propuestos para la actualización de la norma de calidad de agua para consumo humano especialmente para aguas subterráneas.

(*) Compuestos tóxicos

9.4. Anexo 4. Encuesta de Percepción

Tabla 23. Indicadores y criterios seleccionados para encuesta de percepción

Encuesta de percepción sobre el agua suministrada para consumo humano y eso domestico de los habitantes de las comunidades Las Mercedes y La Primavera		
Datos del encuestado		
Nombre		
Sexo		
Ocupación		
Nivel de Educación		
¿Conoce usted que es la contaminación?		
Si		
No		
¿Considera usted que existe contaminación en las aguas subterráneas de su comunidad?		
Si		
No		
¿Qué calificación le pondría al grado de contaminación?		
1		
2		
3		
4		
5		
¿De dónde obtiene usted el agua para consumo humano y uso doméstico?		
Pozo Propio		
Rio		
Bidones		
Otros		
¿Considera que sus actividades diarias ocasionan la contaminación de los suministros de agua de su comunidad?		
Si		
No		
¿Cómo considera usted el sabor del agua?		
Agradable		
Desagradable		
¿Cómo calificaría el olor del agua?		
1		
2		
3		
4		
5		
¿Ha sufrido alguna enfermedad originada por la contaminación del suministro de agua?		
Si		
No		
¿Qué tipo de enfermedad?		
Diarrea		
Fiebre		
Hepatitis		

otros		
¿Utiliza usted dicha agua para consumo humano y uso doméstico?		
Si		
No		
¿Se realiza un tratamiento al agua después de extraer del pozo?		
Si		
No		
Si la respuesta anterior es SI, conteste la siguiente pregunta. ¿Cuál?		
Hierve		
Cloro		
Yodo		
Filtro		
Otros		
¿Le gustaría recibir capacitación o participar en la implementación de alguna medida para disminuir los impactos negativos?		
Si		
No		

Hernández, 2018

9.5. Anexo 5. Metodología para análisis de variables físico-químicas, y microbiológicas.

- **pH método potenciométrico:** Se deberá realizar la calibración del pH-metro. Luego, se prepararán soluciones tampón de calibrado, y si existen instrucciones establecidas en los instrumentos, se deberá seguir dichas instrucciones de calibrado del fabricante. Para la medida, se preparará el electrodo de vidrio o combinado de pH. Si es posible, se deberá medir el pH en la zona de muestreo, en el caso de que no exista la posibilidad, se tomará una muestra en la botella de muestreo. Se rellenará totalmente la botella y se cubrirá, sin que exista presencia de burbujas, con ayuda de un tapón sólido. Se refrigerarán las muestras entre 2-8 °C (en oscuridad, durante el transporte y almacenamiento) (Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN-ISO 10523, 2008). Se realizará el respectivo lavado de los electrodos con agua destilada y se calibrará el aparato a la temperatura de la muestra, con ayuda de una solución de referencia, en donde el pH de la misma sea similar al esperado para la muestra. Se colocará, la muestra en un vaso de precipitación, se introducirán los electrodos, obteniendo el pH (INEN 973, 1983).
- **Dureza por titulación con EDTA:** se determinará la dureza del agua con el método de EDTA, como titulante el EDTA y negro de eriocromo como indicador. Se utilizarán: Matraz Erlenmeyer (250 cm^3), bureta (25 cm^3), pipeta volumétrica (1cm^3, 50 cm^3), agua destilada. Se colocarán 50 cm^3, con una pipeta volumétrica, de la muestra, en un matraz Erlenmeyer, una pisca de Eriocromo negro. Se empezará la titulación con la solución 0.01 M de EDTA hasta que la coloración se torne color azul. Por medio de la siguiente ecuación se determinará la dureza total:

$$D=1000 * (V_2 * f) /V_1$$

Donde:

D = dureza total (EDTA) en miligramos de carbonato de calcio por litro.

V1 = volumen de la muestra, en $cm3$.

V2 = volumen de solución de EDTA utilizando en la titulación, en $cm3$.

f = factor de la dilución de EDTA.

(INEN 974, 2014)

- **Turbidez método nefelométrico:** La turbidez del agua se determinará a partir del método nefelométrico, primeramente, se deberá calibrar el turbidímetro siguiendo las instrucciones del fabricante. La medida de turbidez inferior a 40 UTN, posteriormente se agitará la muestra energéticamente y se debe esperar hasta que las burbujas de aire desaparezcan, luego colocar la muestra en el tubo del turbidímetro. Realizar la lectura de la turbidez en la escala del instrumento o en la curva de calibración apropiada. En la medida de turbidez superior a 40 UTN: se diluirá la muestra con 1 o más volúmenes de agua libre de turbidez, hasta que la turbidez de la muestra diluida se encuentre entre 30 y 40 UTN. Se realizará la lectura y multiplicará el resultado por el factor de dilución.

$$uT = \frac{\mathrm{A} * (\mathrm{B} + \mathrm{C})}{\mathrm{C}}$$

Dónde:

UT = UTN = Unidad de Turbidez Nefelométrica;

A = Turbidez de la muestra diluida;

B = Volumen de la dilución (ml);

C = Volumen de la muestra tomado para la dilución.

Nota: Esta NTE INEN ISO 7027:2013, reemplaza a la NTE 971:1983

(INEN 971, 1983)

- **Coliformes totales:** se determinará con el método de número total de bacterias en placas. Primero se preparará cada dilución por duplicado, posteriormente se marcará cada placa con el número de muestra, dilución, fecha y cualquier otra información necesaria antes de la siembra, se debe mezclar perfectamente la muestra, haciendo movimientos de arriba hacia abajo. Para la difusión de la muestra se debe tomar en cuenta todas las especificaciones que proporciona la normativa. Luego se hará la siembra en placa para la cual la temperatura del medio para uso debe ser entre 44°C a 47°C. y para poder controlar la temperatura adecuada del medio se utilizará un recipiente similar como testigo que contenga un termómetro y la misma cantidad de agua. Para la adición del medio a las placas levantando la tapa de la caja Petri hasta una altura que permita la operación, adicionar en cada placa, por lo menos 10 a 12 cm^3 de medio fundido y templado a 44 a 46°C., mezclar perfectamente con la porción de muestra y dejar sobre la superficie nivelada para que el medio se solidifique (10 minutos). Colocar la placa invertida, dentro del incubador.

Para la incubación todas las muestras para el recuento total de bacterias, con excepción de aguas embotelladas. Deben ser incubadas a una temperatura de 35 ± 0,5°C por 24-48 ± 2 horas. Para el recuento de colonias después del período de incubación, contar las colonias en las placas seleccionadas. Solo las placas que presentan entre 30 a 300 colonias deberían ser consideradas en el recuento, con excepción de aquellas que poseen menos de 30 colonias desarrolladas a partir de 1 cm^3 de muestra.

Si no hay placas con 30 a 300 colonias y unas o más poseen más de 300, usar las placas que tengan máximo un recuento de 300 colonias. Cuando el número de colonias por placa exceda en mucho las 300 colonias, revisar la normativa, para

calcular el número total de bacterias viables en placa, multiplicar el promedio de las colonias por el recíproco de la dilución usada (INEN 1205, 2013).

- **Nitratos método de la Brucina:** Se deberá colocar en la rejilla de alambre el número de tubos de ensayo que se necesiten. En cada tubo se deberá colocar 10 cm^3 de muestra o una alícuota diluida a 10 cm^3, de tal forma que el contenido de nitrógeno de nitrato en el volumen tomado este entre 0.1 y 8 ug N-NO^3. Se deberá colocar la rejilla de alambre en el baño de agua fría y añadir 2 cm^3 de solución de cloruro de sodio, mezclar a mano energéticamente y añadir 10 cm^3 de solución de ácido sulfúrico. Mezclar por agitación y dejar enfriar. Se colocará nuevamente la rejilla en el baño de agua fría y añadirá 0.5 cm^3 de reactivo brucina-ácida sulfanilico. Agitar los tubos para mezclar perfectamente la solución. Colocar la rejilla en el baño de agua caliente a 95°C por 20 minutos, retirar la rejilla del baño caliente y colocarlo en el baño de agua fría. Cuando la temperatura de la solución es aproximadamente la misma del ambiente, secar los tubos y leer la absorbancia de las muestras y patrones contra el blanco del reactivo a 410 nm en el colorímetro.

El contenido de nitrógeno de nitratos se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Mg}{l} N - \frac{NO_3}{cm^3 de\ muestra}$$

Siendo:

Ug N-NO_3 = la concentración correspondiente a la absorbancia de la muestra leída en la curva de calibración.

(INEN 975, 1982)