

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**CALIDAD DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE
SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO
PRADO, ENERO-MARZO 2024**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

AREVALO PISCO, ITAMAR

Tingo María – Perú

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°142-2025-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 03 de setiembre de 2025, a horas 10:00 a.m. en la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“CALIDAD DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO-MARZO 2024”

Presentado por el Bachiller: **AREVALO PISCO, ITAMAR** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“EXCELENTE”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 17 de diciembre de 2025

Mchlgo. MSc. LUIS A. SANCHEZ ROMERO
PRESIDENTE

Ing. MSc. ABBY SOLANGE DA CRUZ RODRIGUEZ
MIEMBRO

Blgo. MSc. CESAR AUGUSTO GOZME SULCA
MIEMBRO



Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
ASESOR

Ing. MSc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO
ASESOR



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 101 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CALIDAD DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO-MARZO 2024	AREVALO PISCO, ITAMAR	04 % Cuatro	Menor a 20 %

Tingo María, 26 de marzo de 2026.


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



CALIDAD DEL AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE
SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO
PRADO, ENERO – MARZO 2024

Autor: : Arevalo Pisco, Itamar

Asesor : M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero
: Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado

Área de investigación : Gestión ambiental - PICSDS

Grupo de investigación : Gestión ambiental

Línea de Investigación : Gestión de la contaminación

Lugar de ejecución : Shiringal – Pueblo nuevo

Duración : 06 meses

Financiamiento : 12,196.80

Tingo María – Perú
2025

DEDICATORIA

A Dios, por cuidar y protegerme a lo largo de mis días de vida, por resguardarme en todo momento a pesar de mis dificultades en la vida diaria, y con su bondad e infinito amor, velar por mí a pesar de todas las adversidades que pueda presentar

A mi querida y amada madre Medelina Pisco Shapiama que siempre me estaba apoyando y motivando a seguir adelante en cada momento, brindándome su amor, la fuerza moral y sabiduría, llenándome de alegría y el consuelo que necesitaba para poder llegar a terminar mi carrera universitaria, estando feliz y orgullosa de mis logros.

A mis queridos hermanos, Jhonny, Daniel, y Elizabeth, que, junto con mi madre, siempre estuvieron velando por mi salud, cuidando mi integridad y motivando a poder lograr ser un profesional, apoyándome a lo largo de la carrera de muchas maneras, compartiendo muchas alegrías con ellos.

AGRADECIMIENTOS

- A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental que durante el transcurso de mi carrera me brindó los conocimientos necesarios para mi formación profesional de manera competente.
- A mis asesores de tesis, M.Sc. Sandra Lorena Zavala Guerrero y el Dr. Víctor Manuel Beteta Alvarado por brindarme los conocimientos necesarios para el planteamiento del presente trabajo de investigación, dada por su vasta experiencia en el ámbito del estudio, así como por su constante motivación al momento de la ejecución y presentación de este documento.
- A los miembros del jurado Mblgo. M.Sc. Luis Alberto Sánchez Romero, Ing. M.Sc. Abby Solange Da Cruz Rodríguez y M.Sc. Cesar Augusto Gozme Sulca, por sus correcciones, sugerencias y por brindarme conocimiento para la realización de la investigación presente.
- Al Ing. Richard Sias, Ing. Bárbara Kiara López Moscoso, y practicante Teresa por brindarme el apoyo y conocimiento necesario para el desarrollo y realización de esta investigación
- A mis sobrinas Alessia Leonor, Elizabeth Alissa y Joao Kalef que siempre me alegraban con sus aventuras en el transcurso de esta investigación
- A mis amigos Mario Fernando Bazán, María Fernanda Agüero, Raúl Ramírez, William Vargas, Daniel Ángeles, María Linares, Ivanna Espinoza, Gianella Calero y Leidy Lachos que me brindaron su amistad, tiempo y apoyo para el desarrollo de esta investigación.
- A todas las personas que apoyaron directa o indirectamente para la culminación de una de las mejores etapas de mi vida

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivos.....	2
1.1.1.	Objetivo General.....	2
1.1.2.	Objetivo Específico	2
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1.	Antecedentes.....	3
2.1.1.	Internacionales.....	3
2.1.2.	Nacionales.....	4
2.1.3.	Locales.....	6
2.2.	Agua Superficial	8
2.3.	El agua y su importancia.....	8
2.4.	El acuífero.....	8
2.4.1.	Tipologías de acuíferos.....	9
2.5.	Aguas subterráneas y sus recursos.....	9
2.6.	Pozo	10
2.6.1.	Volumen de pozos	10
2.7.	Calidad de Agua	11
2.8.	Alteración de la calidad del agua.....	11
2.8.1.	Por actividades agrícolas	11
2.8.2.	Por actividades humanas.....	12
2.9.	Parámetros fisicoquímicos del agua	12
2.9.1.	Turbidez.....	12
2.9.2.	pH.....	13
2.9.3.	Conductividad Eléctrica.....	13

2.9.4.	Sólidos Disueltos Totales	13
2.9.5.	Sulfatos	14
2.9.6.	Nitratos	14
2.9.7.	Dureza Total	15
2.10.	Parámetros microbiológicos del agua	16
2.10.1.	Bacterias Coliformes Totales.....	16
2.10.2.	Bacterias Heterotróficas.....	16
2.10.3.	Bacteria <i>Escherichia coli</i>	17
2.11.	Límites Máximos Permisibles (LMP)	17
2.12.	Índice de Calidad del Agua.....	17
2.13.	Distrito de Pueblo Nuevo.....	18
III.	MATERIALES Y METODOS.....	20
3.1.	Lugar de ejecución.....	20
3.1.1.	Ubicación Política de la zona de estudio	20
3.1.2.	Ubicación Geográfica de la zona de estudio.....	20
3.1.3.	Aspectos sociales y ambientales	21
3.2.	Materiales y Equipos	24
3.2.1.	Materiales de muestreo	24
3.2.2.	Materiales de laboratorio	25
3.2.3.	Medios de cultivo	25
3.2.4.	Reactivos.....	25
3.2.5.	Equipos	25
3.2.6.	Insumos.....	25
3.2.7.	Software	25
3.3.	Tipo de Investigación	25
3.3.1.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	26
3.3.2.	Diseño de Investigación.....	26

3.4. Metodología.....	27
3.4.1. Determinación del flujo hídrico del agua de pozos para consumo humano.	29
3.4.2. Determinación los parámetros fisicoquímicos del agua de pozos.....	29
3.4.3. Determinación de los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales, Bacterias Heterotróficas y <i>Escherichia Coli</i>) del agua de pozos.....	32
3.4.4. Comparación de los resultados del agua de pozos para consumo humano con el Decreto Supremo D.S. N°031 – 2010-SA.....	33
3.4.5. Índice de Calidad del Agua (ICA) del agua de pozos para consumo humano	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	36
4.1. Flujo hídrico del agua de pozos para consumo humano.....	36
4.1.1. Dirección de Flujo	36
4.1.2. Volumen de pozos	37
4.2. Parámetros fisicoquímicos del agua de pozos para consumo humano	39
4.2.1. Turbidez.....	39
4.2.2. Potencial de Hidrógeno (pH).....	41
4.2.3. Conductividad Eléctrica (CE).....	42
4.2.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT)	44
4.2.5. Sulfatos	46
4.2.6. Nitratos	48
4.2.7. Dureza Total	49
4.3. Parámetros microbiológicos (Coliformes totales Bacterias Heterotróficas y <i>Escherichia Coli</i>) del agua de pozos para consumo humano	51
4.3.1. Bacterias Coliformes Totales.....	51
4.3.2. Bacterias Heterotróficas.....	52
4.3.3. Bacteria <i>Escherichia Coli</i>	53
4.4. Cumplimiento normativo de la calidad del agua de pozos para consumo humano	54

4.4.1. Parámetros Físicoquímicos.....	54
4.4.2. Parámetros Microbiológicos.....	57
4.5. Índice de Calidad del Agua (ICA).....	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	65
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	66
VIII. ANEXO.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Dureza del Agua.....	15
2. Coordenadas de los puntos de muestreo de los pozos del Caserío del Shiringal	21
3. Temperatura Máxima (°C) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"	22
4. Temperatura Mínima (°C) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"	22
5. Humedad Relativa (%) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"	23
6. Precipitación (mm) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"	23
7. Actividades Económicas del distrito de Pueblo Nuevo, Caserío de Shiringal.....	24
8. Coordenadas UTM y Profundidad de los pozos del Caserío Shiringal.....	27
9. Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio de Calidad de Agua	30
10. Parámetros microbiológicos realizados en el laboratorio de microbiología general	32
11. Clasificación del ICA-NFS	35
12. Dirección de Flujo de agua de los pozos en el caserío Shiringal	36
13. Prueba Duncan de volumen	38
14. Prueba Duncan de turbidez	40
15. Prueba Duncan de Conductividad Eléctrica.....	43
16. Prueba Duncan de Solidos Disueltos Totales.....	45
17. Prueba Duncan de Sulfato.....	47
18. Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP del Decreto Supremo N°031-210-S.A.	54
19. Comparación de los parámetros microbiológicos con los LMP del Decreto Supremo N°031-210-S. A	57
20. Índice de Calidad del Agua de los pozos del Caserío de Shiringal.....	61
21. Volumen de agua de los pozos del Caserío Shiringal y su promedio	82
22. Índice de Calidad del Agua – NSF de los pozos del Caserío Shiringal	83
23. Cuadro resumen de ANOVA	84
24. Profundidad en los pozos del Caserío de Shiringal.....	84
25. Conductividad Eléctrica en los pozos del Caserío de Shiringal.....	84
26. Potencial de Hidrógeno (pH) en los pozos del Caserío Shiringal	85
27. Solidos Disueltos Totales en los Pozos del Caserío de Shiringal	85
28. Turbidez en los Pozos del Caserío Shiringal.....	85
29. Dureza en los Pozos del Caserío Shiringal	86

30. Nitratos en los Pozos del Caserío Shiringal	86
31. Sulfato en los Pozos del Caserío Shiringal	86
32. Coliformes Totales en los Pozos del Caserío Shiringal	87
33. Bacterias <i>Escherichia Coli</i> en los Pozos del Caserío Shiringal	87
34. Bacterias Heterotróficas en los Pozos del Caserío Shiringal	87
35. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-01	99
36. Cadena de Custodia Punto SRGLP-02.....	100
37. Cadena de Custodia Punto SRGLP-03.....	101
38. Cadena de Custodia Punto SRGLP-04.....	102
39. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-05	103
40. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-06	104
41. Cadena de Custodia Punto SRGLP-07.....	105
42. Cadena de Custodia Punto SRGLP-08.....	106
43. Cadena de Custodia Punto SRGLP-09.....	107
44. Cadena de Custodia Punto SRGLP-10.....	108
45. Cadena de Custodia Punto SRGLP-11.....	109
46. Cadena de Custodia Punto SRGLP-12.....	110
47. Cadena de Custodia Punto SRGLP-13.....	111
48. Resultados del punto SRGLP-01 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	112
49. Resultados del punto SRGLP-02 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	112
50. Resultados del punto SRGLP-03 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	113
51. Resultados del punto SRGLP-04 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	113
52. Resultados del punto SRGLP-05 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	114
53. Resultados del punto SRGLP-06 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	114
54. Resultados del punto SRGLP-07 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	115
55. Resultados del punto SRGLP-08 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	115

56. Resultados del punto SRGLP-09 y su diferencia con los Límites Máximos	
Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	116
57. Resultados del punto SRGLP-10 y su diferencia con los Límites Máximos	
Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	116
58. Resultados del punto SRGLP-11 y su diferencia con los Límites Máximos	
Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	117
59. Resultados del punto SRGLP-12 y su diferencia con los Límites Máximos	
Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	117
60. Resultados del punto SRGLP-13 y su diferencia con los Límites Máximos	
Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de Ubicación Política del Caserío de Shiringal.....	20
2. Mapa de Ubicación Geográfica de los Pozos en el Caserío de Shiringal	21
3. Diagrama del diseño de investigación aplicado en este trabajo de investigación.....	27
4. Medición de profundidad del pozo.	29
5. Orientación del flujo subterráneo.....	36
6. Volumen de agua promedio de cada pozo.	37
7. Turbidez en los pozos del Caserío de Shiringal.	39
8. pH en los pozos del Caserío de Shiringal.....	41
9. Conductividad Eléctrica en los pozos del Caserío Shiringal.....	42
10. Solidos Disueltos Totales en los pozos del Caserío de Shiringal.....	44
11. Sulfato en los pozos del Caserío de Shiringal.....	46
12. Nitrato en los pozos del Caserío de Shiringal	48
13. Dureza en los pozos del Caserío de Shiringal.....	50
14. Coliformes Totales en los pozos del Caserío de Shiringal.....	51
15. Bacterias Heterotróficas en los pozos del Caserío de Shiringal.....	52
16. <i>Escherichia Coli</i> en los pozos del Caserío de Shiringal	53
17. Turbidez de los pozos comparada con su Límite Máximo Permisible	55
18. Bacterias Coliformes Totales de los pozos comparada con su Límite Máximo Permisible.....	58
19. Bacterias Heterotróficas de los pozos comparada con su Límite Máximo Permisible.....	58
20. Gráfico de cumplimiento de ICA-NSF	62
21. Mapa de Ubicación de los pozos del Caserío de Shiringal	88
22. Mapa de flujo de agua subterránea en los pozos del caserío de Shiringal	89
23. Mapa de dispersión de Turbidez del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	90
24. Mapa de dispersión de Potencial de Hidrogeno (pH) del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	91
25. Mapa de dispersión de Conductividad Eléctrica del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	92
26. Mapa de dispersión de Solidos Disueltos Totales del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	93

27. Mapa de dispersión de Sulfato del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	94
28. Mapa de dispersión de Nitrato del agua de pozos en el Caserío de Shiringal.....	95
29. Mapa de dispersión de Dureza del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	96
30. Mapa de dispersión de Coliformes Totales del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	97
31. Mapa de dispersión de Bacterias Heterotróficas del agua de pozos en el Caserío de Shiringal	98
32. Marcación y conteo de colonias	119
33. Bacterias Heterotróficas presentes en todas las muestras	119
34. Toma de coordenadas en el punto SRGLP-01 con el GPS MAP	122
35. Medición de altura de agua en los pozos	122
36. Recolección de muestras en los envases	123
37. Muestras para análisis microbiológicos y fisicoquímicos.....	123
38. Pesaje y disolución de Agares	124
39. Preparación de caldos y sembrado de muestras	124
40. Incubación y lectura de Coliformes totales y <i>Escherichia Coli</i>	125
41. Ausencia de <i>Escherichia Coli</i> y presencia de Coliformes Totales	125
42. Medición de Turbidez, pH, Conductividad Eléctrica y Solidos Disueltos Totales.....	126
43. Medición de Sulfato en el Agua.....	126
44. Medición de Nitrato en el Agua	127
45. Determinación de Dureza en la muestra	127

RESUMEN

La gestión del agua subterránea en zonas rurales de la Amazonía peruana enfrenta desafíos críticos debido a la falta de monitoreo sanitario. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua de pozos para consumo humano en el Caserío de Shiringal (Leoncio Prado) durante el primer trimestre de 2024. Se evaluaron 13 pozos mediante el análisis de siete parámetros físico-químicos y tres microbiológicos, contrastando los resultados con el D.S. N° 031-2010-SA y calculando el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF). Los resultados hidrogeológicos indican un flujo hídrico con dirección predominante hacia el oeste, en tránsito al río Huallaga. El análisis físico-químico reveló que la mayoría de los parámetros cumplen con la normativa, a excepción de la turbidez, que alcanzó picos de 26.6 NTU en el pozo SRGLP-05. Microbiológicamente, se detectó presencia de Coliformes Totales y un recuento elevado de Bacterias Heterotróficas (1420 UFC/ml en SRGLP-07); no obstante, se registró una ausencia total de *Escherichia coli*, sugiriendo que la textura franco-arcillo-limosa del suelo actúa como un filtro efectivo contra la contaminación fecal directa. La evaluación del ICA clasificó al 77% de los pozos en categoría "Excelente", mientras que el 8% resultó "No apto para consumo humano". Se concluye que, aunque la calidad general es predominantemente excelente, existen focos críticos de contaminación asociados a la precariedad de las infraestructuras y la escorrentía pluvial, requiriendo intervenciones de saneamiento básico para mitigar riesgos a la salud pública.

Palabras claves: Agua subterránea, ICA, calidad hídrica, amazonia, pozos artesanales

ABSTRACT

The management of underground water in rural zones of the Peruvian Amazon faces critical challenges due to the lack of sanitary monitoring. The objective of the present research was to determine the water quality from the wells for human consumption on the Shiringal homestead (Leoncio Prado, [Peru,]) during the first quarter of 2024. Thirteen wells were evaluated using the seven parameter physicochemical analysis and three microbiological [analyses], comparing the results to D.S. N° 031-2010-SA and calculating the water quality index (ICA-NSF). The hydrogeological results indicated a water flow with a predominate direction towards the west, heading to the Huallaga River. The physicochemical analysis revealed that the majority of the parameters met the standards, with the exception of the turbidity, which reached peaks of 26.6 NT in the SRGLP-05 well. Microbiologically, the presence of total coliforms and an elevated count for heterotrophic bacteria (1420 UFC/ml in SRGLP-07) were detected; notwithstanding, the complete absence of *Escherichia coli* was recorded, suggesting a loamy, clay like muddy soil texture, acting as an effective filter against direct fecal contamination. The evaluation of the ICA classified 77% of the wells as being in the “excellent” category, while 8% resulted as being “unapt for human consumption.” It was concluded that, even though the general quality was predominately excellent, critical contamination points exist that are associated to the precariousness of the infrastructures and the pluvial runoff, requiring basic sanitary interventions in order to mitigate the risk to public health.

Keywords: underground water, ICA, hydric quality, Amazon, artisan well

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el cimiento de la vida y un recurso irremplazable para la supervivencia humana. Aunque cubre gran parte del planeta, solo una mínima porción es apta para consumo, y su disponibilidad se vuelve aún más crítica en comunidades alejadas. El acceso a agua segura es un derecho humano fundamental y un pilar para la salud pública. En el Perú, esta problemática afecta principalmente a zonas rurales, donde la ausencia de infraestructura y monitoreo sanitario incrementa los riesgos de contaminación.

Existe una necesidad urgente de evaluar la calidad del agua en Caseríos, ya que el consumo de agua no tratada puede derivar en enfermedades gastrointestinales, infecciones cutáneas o intoxicaciones por metales pesados. Además, los resultados obtenidos podrían servir como base para proyectos de intervención o políticas públicas orientadas a mejorar el acceso a agua potable en zonas rurales marginadas.

En el caserío de Shiringal, la población obtiene su agua para consumo de pozos, los cuales no tienen un tratamiento previo y están expuestos a contaminantes como aguas residuales, escorrentía agrícola o sedimentos arrastrados por lluvias. Con esta investigación se quiere generar datos sobre la calidad del agua de los pozos en el Caserío de Shiringal para proponer soluciones, prácticas adecuadas de manejo que garanticen el acceso a un agua segura y minimizar riesgos en la salud de la población.

Por lo mencionado anteriormente, se formula la siguiente interrogante ¿Cuál será la calidad del agua de pozos utilizado por los pobladores del caserío de Shiringal, Pueblo Nuevo?, planteándose como hipótesis, que la calidad del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal es buena.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, enero-marzo 2024.

1.1.2. Objetivo Específico

- Determinar el flujo hídrico del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado.
- Determinar los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales, Bacterias Heterotróficas y *Escherichia Coli*) del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado.
- Comparar los resultados del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado con el Decreto Supremo D.S. N°031 – 2010-SA.
- Determinar el Índice de Calidad del Agua (ICA) del agua de pozos para consumo humano del caserío de Shiringal, distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Una investigación llevada a cabo por Esparza Gonzales et al. (2020) analizó las condiciones del agua en dos pozos de la comunidad Tének, ubicada en la Huasteca Potosina (México). Los resultados mostraron altos niveles de coliformes totales y fecales en dichas muestras, así como trazas de metales pesados como níquel, talio, zinc, plomo, arsénico, mercurio, cobre, estaño y cadmio, sustancias que pueden representar un riesgo para la salud humana. El estudio concluyó que la fuente hídrica de estos pozos no reúne los requisitos necesarios para ser considerada segura para consumo, por lo que se sugiere aplicar procesos de purificación o potabilización antes de su uso doméstico o ingesta.

Castillo Herrera. et al. (2019) llevaron a cabo un análisis fisicoquímico y microbiológico en 22 pozos ubicados en plantaciones bananeras de La Peña, provincia de El Oro (Ecuador), encontrando que más del 80% de las muestras presentaban características organolépticas óptimas (ausencia de olor y coloración transparente). Los parámetros de calidad mostraron un pH entre 7.28-8.27, reflejando un leve carácter alcalino, junto con una conductividad eléctrica baja (0.17-0.39 mS/m) que indicaría escasa salinidad. Se identificó contaminación microbiológica en seis pozos, con recuentos de coliformes superiores a 30 UFC/ml. En cuanto a metales, se registraron concentraciones promedio de Cd (0.8 µg/L), As (10 µg/L), Pb (5 µg/L) y Hg (0.29 µg/L), destacando el Mn por su amplio intervalo de variación (0.06-1240 µg/L). El estudio concluye con la recomendación de evitar el uso de aguas con elevada carga bacteriana en las etapas de postcosecha del banano.

Marín Leal y colaboradores (2023) evaluaron las características del agua en 32 pozos ubicados en zonas rurales del Municipio de Miranda, estado Zulia (Venezuela), mediante índices ICA-CCME, ICA-Bhargava e ICA-Aritmético ponderado, analizando parámetros como coliformes, sólidos disueltos, pH, metales y turbidez. Los datos obtenidos demostraron que solo el 22% de las pruebas realizadas alcanzaron una calidad "aceptable" según ICA-CCME, mientras que el 100% clasificó como "moderada" en el ICA-Bhargava debido a contaminación bacteriana, y el 25% obtuvo un rango "deficiente" en el ICA-Aritmético. Ningún pozo cumplió íntegramente con los estándares de potabilidad de la OMS, determinándose su inaptitud para consumo humano directo.

Faviel Cortez et al. (2019) investigaron la calidad hídrica y su percepción social en 29 pozos artesianos de ocho comunidades, en México, específicamente en Chiapas, dentro del Área Natural Protegida “La Encrucijada”, revelando que la valoración local sobre la potabilidad del recurso hídrico determina significativamente sus aplicaciones. Los análisis fisicoquímicos demostraron que uno excedió el nivel de nitritos (>0.05 mg/L), 18 pozos superaron el límite permisible de nitratos (>10 mg/L), dos presentaron alcalinidad elevada (>300 mg/L) y 27 mostraron contaminación por coliformes fecales.

Pérez Gómez et al. (2019) evaluaron las propiedades del agua en unidades productivas y comunidades clave del municipio Jimaguayú (Camagüey, Cuba), identificando contaminación significativa en múltiples puntos. Los resultados revelaron riesgos de salinización por elevada conductividad eléctrica, junto con potencial toxicidad para cultivos debido a altas concentraciones de Na^+ y Cl^- en los manantiales de las vaquerías 12-11, 5-29 y el pozo número uno de la vaquería 12-2, utilizadas en sistemas de irrigación. Adicionalmente, las diez fuentes evaluadas para consumo humano presentaron contaminación por nitratos y coliformes fecales. El estudio concluye que se requieren intervenciones urgentes para garantizar la seguridad hídrica, tanto para uso agrícola como humano, mediante estrategias de remediación y control de calidad.

2.1.2. Nacionales

Dolores Esmilda, et al. (2022) evaluó las características fisicoquímicas del agua subterránea en la UNT (Universidad Nacional de Trujillo) durante el periodo pandémico de COVID-19. Los resultados demostraron que, en las tres estaciones de monitoreo analizadas, los atributos organolépticos (específicamente sabor y olor) se mantuvieron dentro de los rangos considerados aptos para beber, No obstante, el análisis del pozo principal de almacenamiento reveló contaminación bacteriológica que excede los límites sanitarios permitidos, constituyendo un peligro latente para los usuarios de la comunidad universitaria. Estos hallazgos resaltan la imperiosa necesidad de implementar protocolos periódicos de evaluación y gestión de calidad hídrica en la institución, con el fin de asegurar el suministro de agua.

Sandoval Condori (2021) evaluó las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de pozos destinados al abastecimiento humano en la localidad de Moro (distrito de Paucarcolla, Puno). Los resultados indicaron que, aunque la mayoría de los indicadores químicos y físicos cumplían con la normativa vigente, se detectaron dos anomalías

significativas: los valores de conductividad eléctrica mostraron una media de 5270 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superando en más del 250% el límite establecido (1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y la concentración de coliformes totales registró 109.60 UFC/100 ml, sobrepasando el umbral máximo permitido (100 UFC/100 ml). Otros parámetros como cloruros (289.35 mg/l), pH (7.62), turbidez (1.34 UNT), sólidos disueltos totales (682.51 mg/l), dureza total (134.19 mg/l), sulfatos (43.65 mg/l), temperatura (17.82 °C) y nitratos (37.45 mg/l) cumplieron con las normativas. Aunque no se detectaron coliformes termotolerantes en las muestras, se registraron concentraciones de coliformes totales por encima del estándar establecido y desde la perspectiva fisicoquímica, los valores de conductividad eléctrica superan los LMP.

Ramos Flores (2019) analizó las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea en 15 pozos de captación artesanal ubicados en las inmediaciones del vertedero de residuos sólidos de Chilla (Juliaca). La investigación permitió detectar que, aunque algunos parámetros como el pH (7.47 ± 0.12), conductividad eléctrica ($1466.80 \pm 203.96 \mu\text{S}/\text{cm}$) y turbidez (2.86 ± 0.63 UNT) cumplían con los estándares peruanos, otros presentaron valores inaceptables: cloruros (286.32 ± 42.22 mg/L), arsénico (0.038 ± 0.014 mg/L), sulfatos (391.23 ± 46.01 mg/L), dureza total (210.16 ± 89.04 mg/L), sólidos disueltos totales (1061.40 ± 162.38 mg/L) y nitratos (62.65 ± 5.75 mg/L) y con respecto a la contaminación microbiológica, los coliformes totales (4127.33 ± 1500.68 UFC/100 ml) superaron en 12 veces a los termotolerantes (334.45 ± 216.59 UFC/100 ml). El análisis de regresión lineal múltiple reveló que estos parámetros críticos (sulfatos, cloruros, nitratos, coliformes y arsénico) mostraron significancia estadística ($p < 0.05$), confirmando su asociación con la contaminación del sitio. La evidencia concluyente indica que estas fuentes hídricas presentan una inadmisibles concentración de contaminantes cuyos niveles exceden sistemáticamente los estándares de potabilidad establecidos en la legislación peruana.

Valenzuela y Yucra (2022) evaluaron las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea en un pozo del Parque Industrial Taparachi (Juliaca, Puno). Los resultados indicaron que, aunque la mayoría de los parámetros analizados se encontraban dentro de los rangos normativos, tres aspectos críticos incumplieron la normativa: la presencia de coliformes totales (2 NMP/100 ml), el arsénico (0.040 mg/L) y la dureza total elevada (573 mg/L) y. Estos datos confirman que el recurso hídrico evaluado no cumple con los criterios de potabilidad establecidos en la normativa peruana vigente. Se recomiendan implementar sistemas de filtración en la zona para mitigar los niveles elevados de estos contaminantes.

Calla Parillo (2023) realizó una evaluación integral de la calidad hídrica mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) en cuatro pozos de abastecimiento del barrio 2 de Puno, analizando propiedades fisicoquímicas e indicadores microbianos clave. Los resultados mostraron patrones uniformes respecto al oxígeno disuelto (6.20-6.82 mg/L), pH (7.11-7.69), DBO₅ (1.99 mg/L en todos los puntos) y coliformes fecales (0.99 NMP/100ml en los cuatro puntos). Se detectó una variación significativa en nitratos (0.09 mg/L en tres puntos vs 46.2 mg/L en el cuarto) y fósforo (0.05-0.10 mg/L), mientras que otros parámetros como temperatura (12.9°C constante) y turbidez (0.52-0.95 NTU) mostraron menor variabilidad. El análisis ICA-NSF reveló que tres puntos presentaron calidad "buena" (73.00-73.786), mientras el cuarto punto mostró calidad "regular" (65.631).

Elias Silupu et al. (2022) realizaron un monitoreo microbiológico en cuatro pozos de abastecimiento del sector Porvenir La Caña (Virú), identificando contaminación bacteriana relevante. Los análisis cuantificaron valores medios de coliformes termotolerantes (2.7-16.1 NMP/100ml) y totales (87-1175 NMP/100ml), valores que superan los límites establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano – Anexo I. Ante esta situación, este plantea un sistema de tratamiento de bajo costo para asegurar el cumplimiento de los estándares de potabilidad y proteger la salud de la población usuaria.

2.1.3. Locales

Dionisio Armas (2021) evaluó las condiciones de potabilidad del agua en tres fuentes naturales de Tingo María (Huánuco, Perú): las quebradas del Águila, Cushuro y Cocheros. El estudio identificó que varios parámetros excedieron el ECA, incluyendo: oxígeno disuelto (OD) durante el periodo de avenida, valores extremos de pH (tanto superiores como inferiores) y concentraciones de Fosfato Total en todas las quebradas durante ambos periodos hidrológicos. A pesar de estas anomalías, el Índice de Calidad del Agua (ICA-PE) mostró clasificaciones "Buenas" para las tres fuentes (del Águila: 85.36; Cushuro: 76.08; Cocheros: 79.06), indicando que, aunque el agua mantiene condiciones aceptables (rango 75-89), presenta desviaciones de su estado natural y vulnerabilidad a impactos ambientales de baja intensidad.

Raymundo Agui (2023) analizó las condiciones hídricas del río Supte (distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado) durante el periodo de estiaje (agosto-octubre), determinando en tres estaciones de monitoreo que según el ICA-NSF, reveló una clasificación consistente de "Buena" durante agosto y septiembre, mientras que en octubre solo los puntos 1 y 2 mantuvieron esta clasificación, siendo el punto 3 calificado como "Regular". Aunque los

coliformes fecales cumplieron con los parámetros para potabilización con simple desinfección en todos los puntos durante octubre, se identificaron excesos en nitratos (en los tres puntos) y en oxígeno disuelto y DBO (solo en el punto 3) según los ECA. El estudio concluye que el río Supte presenta calidad A1 (apta para consumo con desinfección simple) en agosto y septiembre, pero en octubre el punto 3 descendió a categoría A3, evidenciando una ligera disminución de calidad en la parte baja del río.

Poquioma Caballero (2023) realizó una evaluación integral de la calidad del agua potable en el Centro Poblado Nueva Esperanza (distrito de Luyando, Huánuco), examinando tres componentes críticos del sistema de abastecimiento: punto de captación, reservorio de almacenamiento y red de distribución domiciliaria. Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos revelaron incumplimientos sistemáticos de los estándares normativos (ECA y Reglamento de Agua para Consumo Humano), con excesos en *E. coli*, organismos de vida libre, bacterias heterotróficas, huevos de helmintos, coliformes fecales y totales. El ICA calculado para la quebrada Nueva Esperanza reveló una clasificación de "malo" (42.35) en junio y noviembre, mejorando levemente a "regular" (49.96) en agosto, lo que evidencia una calidad hídrica inadecuada para consumo sin tratamiento.

Orihuela García (2024) analizó la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua potable en las zonas de ampliación de cobertura de SEDA Huánuco (Rupa Rupa, Leoncio Prado), Los resultados confirmaron el cumplimiento integral de los parámetros establecidos en el DS 031-2010-SA (Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano), validando la seguridad hídrica del servicio prestado en estas nuevas áreas de expansión urbana.. Sin embargo, el estudio identificó que la ampliación de cobertura requeriría mejoras en continuidad y presión del servicio para garantizar un abastecimiento óptimo. Paralelamente, los análisis de fuentes alternativas utilizadas, pero no conectados a la red revelaron incumplimiento de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos básicos, constituyendo un riesgo sanitario para la población que depende de estas fuentes no reguladas.

Sias Baylon (2023) evaluó los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del río Huallaga en Tingo María (Huánuco), determinando que parámetros clave como sólidos totales, nitratos, oxígeno disuelto, coliformes fecales, DBO y pH cumplían con los límites del DS N° 004-2017-MINAM, clasificándose como aptos para potabilización con desinfección (Categoría A1) y recreación de contacto primario (Categoría B1). Sin embargo, el estudio contrastó estos resultados con los afluentes Tulumayo y Monzón, que durante ambas

épocas evaluadas presentaron una calidad "muy pobre" según el Índice de Oregon, evidenciando diferencias significativas en la condición hídrica dentro de la misma cuenca.

2.2. Agua Superficial

Las aguas superficiales comprenden los cuerpos hídricos ubicados sobre la corteza terrestre, incluyendo cursos fluviales (ríos, arroyos), cuerpos lénticos (lagos, lagunas, embalses) y humedales. Su formación deriva principalmente de procesos hidrológicos como la escorrentía pluvial y la descarga natural de acuíferos subterráneos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], s.f.).

El estado de las aguas superficiales constituye un indicador clave en la gestión sostenible de cuencas hidrográficas, al integrar tanto procesos hidrológicos naturales como impactos antropogénicos. Como demostraron Rojas Vargas y Rojas Vizcarra (2023) en su estudio de la Unidad Hidrográfica Coata, esta calidad está determinada a través de diversos elementos, entre los que destacan los procesos contaminantes y las particularidades geológicas de la cuenca.

2.3. El agua y su importancia

El agua es el eje de la biodiversidad y la estabilidad climática. Según la UNESCO (2023), la degradación de los ecosistemas hídricos, como humedales y ríos, ha reducido en un 50% su capacidad para mitigar sequías e inundaciones, agravando la crisis ecológica. Investigaciones como las de Según Vörösmarty et al., (2022), La detección sistemática de microplásticos y compuestos químicos prioritarios en sistemas acuáticos dulce representa una amenaza significativa para la biodiversidad, afectando potencialmente a más de diez mil especies acuáticas, alterando cadenas tróficas esenciales. Estos hallazgos subrayan que proteger las fuentes hídricas no solo es conservacionismo, sino una necesidad urgente para mantener los ciclos naturales del planeta.

2.4. El acuífero

Los acuíferos, reservorios subterráneos de agua dulce, son esenciales para la sostenibilidad ambiental y humana. Según la UNESCO (2023), estos sistemas proveen el 99% del agua líquida disponible en el planeta, pero enfrentan crisis críticas: el cambio climático reduce su recarga natural en regiones como África subsahariana, mientras la sobreexplotación en zonas como India ha provocado un descenso de 2 metros anuales en sus niveles (Banco Mundial, 2023). Además, estudios recientes advierten que el 40% de los acuíferos europeos

están vinculados a ecosistemas vulnerables, cuya degradación amenaza la biodiversidad acuática (Nature Water, 2022). La contaminación de acuíferos costeros por compuestos derivados de actividades agrícolas (nitratos) e industriales (PFAS) representa un desafío creciente para la seguridad hídrica, según alerta la OMS (2024). están comprometiendo críticamente la idoneidad del agua para el abastecimiento público y usos productivos. Urgen, por tanto, políticas integradas que combatan la extracción indiscriminada y fomenten técnicas de recarga artificial para preservar estos recursos invisibles pero irremplazables.

2.4.1. Tipologías de acuíferos

Los sistemas de reservorios subterráneos presentan diferentes tipologías determinadas por sus características geomorfológicas además de su potencial de reserva hídrica: libres (no confinados), que reciben recarga directa de lluvia, pero son vulnerables a contaminantes como agroquímicos (FAO, 2023); confinados, protegidos por capas impermeables, pero con recarga lenta, lo que agrava su sobreexplotación en regiones áridas (Science, 2022); y fisurales, formados en rocas fracturadas, clave para comunidades andinas pero sensibles a la minería (BGR, 2021). Según la UNESCO (2024), el 30% de los acuíferos globales ya muestran estrés hídrico por extracción insostenible, además los estudios más recientes revelan que la intrusión salina, asociada al incremento del nivel marino, está comprometiendo aproximadamente una cuarta parte de los acuíferos costeros a nivel global (Nature Climate Change, 2023). Estas presiones exigen modelos de gestión adaptativa, como la recarga artificial y monitoreo satelital (IGRAC, 2022), para evitar colapsos ecológicos y sociales.

2.5. Aguas subterráneas y sus recursos

Las aguas subterráneas constituyen el principal almacén mundial de agua dulce en estado líquido, cumpliendo una función esencial para la preservación de los ecosistemas naturales y el suministro hídrico para actividades agrícolas, industriales y de consumo humano. Investigaciones recientes (Gleeson et al., 2022) demuestran que estos acuíferos mantienen una interacción dinámica con las masas de agua superficiales, regulando sus caudales y actuando como elemento clave en la estabilidad del ciclo del agua. Sin embargo, estudios como los de Ceron et al. (2021) alertan que su sostenibilidad está siendo comprometida por prácticas extractivas intensivas y procesos contaminantes, poniendo en riesgo su capacidad de renovación.

2.6. Pozo

Los pozos de agua son infraestructuras esenciales para acceder a acuíferos, pero su diseño y manejo inciden directamente en la sostenibilidad hídrica. Investigaciones recientes demuestran que el 45% de los pozos someros en zonas rurales de Latinoamérica están contaminados por coliformes fecales, debido a deficientes sellos sanitarios (Martínez et al., 2021). En regiones áridas como el norte de Chile, estudios de la CEPAL (2022) revelan que la perforación indiscriminada ha reducido el nivel freático en 8 metros anuales, mientras que, en la Península Ibérica, López-García (2023) identificó que el 30% de pozos abandonados facilitan la intrusión de contaminantes a acuíferos kársticos. Para mitigar estos riesgos, organismos como la OMS (2024) recomiendan: profundidades mínimas de 15 metros en zonas agrícolas para evitar nitratos, revestimientos de PVC certificado, y sistemas de monitoreo remoto con sensores IoT (Gutiérrez, 2023).

2.6.1. Volumen de pozos

El volumen de pozos se define como la capacidad hidráulica total que un pozo puede entregar bajo condiciones óptimas de explotación, calculada mediante la relación entre sus parámetros geométricos (diámetro, profundidad) y las características hidrodinámicas del acuífero (transmisividad, coeficiente de almacenamiento). Según Bear & Cheng (2010), este concepto integra no solo el agua almacenada en la columna del pozo, sino también el volumen movilizable desde el medio poroso circundante durante el bombeo. Kresic (2007) enfatiza que su determinación requiere pruebas de caudal específicas (como ensayos de bombeo) para evitar subestimaciones por efectos de interferencia hidráulica o anisotropía del acuífero.

La medición del volumen y la altura del agua en pozos puede realizarse mediante métodos caseros que, aunque simples, ofrecen resultados aceptables para aplicaciones prácticas. Duran Farfán (2021) describe el uso de una cinta métrica con una pesa en su extremo, recubierta con tiza o yeso, para determinar el nivel estático del agua en pozos. Este método consiste en introducir la cinta en el pozo hasta que la pesa toque el fondo; al retirarla, la marca de humedad indica la altura total del nivel freático. Sin embargo, Landeo Panduro y Limaco Bendezú (2019) proponen el uso de recipientes de volumen conocido, como baldes o tanques calibrados, para medir el caudal extraído durante un periodo de tiempo determinado, permitiendo así estimar el volumen de agua disponible. Estos métodos, aunque rudimentarios, son útiles en contextos donde no se dispone de equipos sofisticados, facilitando la administración y monitoreo de recursos hídricos en comunidades rurales o de bajos recursos.

2.7. Calidad de Agua

La calidad del agua se define por un conjunto integral de atributos fisicoquímicos y microbiológicos que condicionan la idoneidad del recurso para diferentes aplicaciones, entre las que destacan el abastecimiento público, la agricultura y los procesos industriales, evaluadas mediante parámetros como pH, oxígeno disuelto, detección de agentes patógenos y concentración de contaminantes. Según Chapman (1996) este concepto integra no solo los estándares normativos, sino también la capacidad del cuerpo hídrico para mantener sus funciones ecológicas. UNESCO (2021) enfatiza que la calidad del agua está intrínsecamente ligada a la salud de los ecosistemas y al bienestar humano, requiriendo enfoques multidisciplinarios para su gestión sostenible.

Estudios recientes alertan que el 30% de las fuentes hídricas globales presentan contaminación por micro plásticos, fármacos y metales pesados, superando los límites seguros establecidos por la OMS (2023). En zonas urbanas de América Latina, investigaciones de la CEPAL (2022) demuestran que el 60% de los análisis realizados en los ríos bajo vigilancia revelaron concentraciones peligrosas de coliformes fecales y mercurio, vinculados a vertimientos industriales y saneamiento inadecuado. Esta degradación no solo amenaza la biodiversidad acuática reduciendo en un 40% las especies endémicas en cuencas andinas (IUCN, 2023) sino que incrementa enfermedades como diarreas y cáncer en poblaciones vulnerables.

2.8. Alteración de la calidad del agua

El deterioro del recurso hídrico se manifiesta mediante diversas tipologías, destacando principalmente aquellas generadas por actividades humanas y agrícolas.

2.8.1. Por actividades agrícolas

La actividad agropecuaria contribuye significativamente al deterioro de los recursos hídricos causada por insumos agropecuarios, caracterizada por la lixiviación de nutrientes (nitratos, fosfatos), pesticidas (organoclorados, glifosato) y materia orgánica (estiércol, efluentes ganaderos) hacia acuíferos y cuerpos superficiales. Según Zhang et al. (2021) este fenómeno genera eutrofización, pérdida de biodiversidad y representan un peligro sanitario grave, especialmente cuando las concentraciones exceden los umbrales establecidos en directrices como las de la FAO (2023) la escorrentía difusa y la infiltración son los principales mecanismos de transporte, siendo su magnitud dependiente de factores climáticos, edáficos y prácticas de manejo.

2.8.2. Por actividades humanas

La contaminación hídrica antropogénica surge de actividades industriales (vertidos de metales pesados, compuestos orgánicos persistentes y efluentes mineros acidificantes), urbanas (aguas residuales domésticas con patógenos y microplásticos, lixiviados de rellenos sanitarios) e infraestructura (derrames de hidrocarburos, salinización vial), alterando irreversiblemente los ecosistemas acuáticos y comprometiendo el 40% de los ríos globales (Vörösmarty et al., 2023). Según la OMS (2022), los contaminantes emergentes como fármacos y disruptores endocrinos agravan este escenario, exigiendo tecnologías avanzadas de tratamiento para garantizar agua segura, especialmente en regiones con limitada cobertura de saneamiento.

2.9. Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos constituyen herramientas diagnósticas clave para evaluar la calidad hídrica, integrando variables físicas (temperatura, turbidez, sólidos suspendidos) y químicas (pH, conductividad, oxígeno disuelto) que determinan su aptitud para consumo humano, riego o conservación ecosistémica. Estudios actualizados (Chavarría-Márquez et al., 2023) confirman que su monitoreo sistemático permite validar el cumplimiento de estándares ambientales, mientras que investigaciones pioneras (Severiche-Sierra et al., 2013) destacan su utilidad en la detección temprana de contaminantes y la administración responsable de fuentes de agua, siendo fundamentales para implementar medidas correctivas ante desviaciones de los límites permisibles.

2.9.1. Turbidez

La turbidez, parámetro clave en la evaluación de parámetros físico del agua, determina su contenido de material particulado suspendido (arcillas, limos, microorganismos o materia orgánica) que reduce su transparencia al dispersar la luz incidente, cuantificándose en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) mediante nefelometría (dispersión lumínica a 90°). Tanto la OMS como la normativa peruana coinciden en establecer 5 NTU como límite máximo para agua potable, aunque se recomienda <1 NTU para optimizar procesos de desinfección (OMS, 2023). Desde una perspectiva hidrológica, la turbidez opera como un indicador integral de: la dinámica de degradación de suelos en la cuenca hidrográfica, rendimiento operacional de las plantas de tratamiento de aguas y riesgo potencial de contaminantes adsorbidos a partículas (metales pesados, patógenos).

2.9.2. pH

El pH (potencial de hidrógeno) cuantifica la actividad de iones hidronio (H_3O^+) en medios acuosos, clasificado por ácidas (exceso de protones $\text{pH} < 7$), neutras ($\text{pH} = 7$) o alcalinas/básicas (dominancia de OH^- $\text{pH} > 7$). Como explica Snoeyink & Jenkins (2020), este parámetro influye en procesos biogeoquímicos, solubilidad de metales y eficacia de tratamientos de potabilización. APHA (2021) destaca que su medición precisa requiere calibración frecuente de electrodos y control de temperatura, ya que afecta equilibrios químicos claves para la salud humana y ambiental. Constituye un indicador crítico en la caracterización de la calidad hídrica, cuyos intervalos ideales han sido estandarizados por instituciones regulatorias e investigaciones científicas. Según directrices de la OMS (2022), el agua apta para el uso de la población debe mantener un nivel de acidez -alcalinidad comprendido en 6.5 y 8.5, puesto que desviaciones de este rango podrían ocasionar deterioro de infraestructuras hidráulicas y potenciar los efectos nocivos de sustancias contaminantes.

2.9.3. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica en medios acuosos cuantifica la concentración total de iones disueltos de una solución para transportar electrones, determinada por la movilidad de cationes y aniones en disolución además constituye un parámetro fundamental en la caracterización fisicoquímica de recursos hídricos, al cuantificar su capacidad de transmitir corriente eléctrica mediante la presencia de especies iónicas disueltas (Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}). Expresada en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) bajo condiciones controladas (25°C), su medición se realiza mediante conductímetros digitales calibrados. Valores inferiores a $250 \mu\text{S}/\text{cm}$ sugieren aguas poco mineralizadas, mientras que lecturas superiores a $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ reflejan una carga salina elevada, comprometiendo su uso para consumo humano y procesos industriales sensibles.

2.9.4. Sólidos Disueltos Totales

Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) corresponden a la acumulación de todos los elementos solubles en agua, incluyendo iones inorgánicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-), metales traza (Fe, Mn) y compuestos orgánicos polares (ácidos fúlvicos, subproductos de desinfección), cuya concentración se expresa en mg/L (APHA, 2021). La OMS (2023) clasifica como apta para consumo humano el agua con $\text{SDT} < 600 \text{ mg}/\text{L}$, aunque niveles entre 600 - $1,000 \text{ mg}/\text{L}$ pueden impartir sabor desagradable, y valores superiores a $1,000 \text{ mg}/\text{L}$ se asocian a riesgos gastrointestinales, especialmente en grupos sensibles. Estudios

hidrogeológicos (Tchobanoglous et al., 2020) demuestran que los SDT correlacionan con conductividad eléctrica (CE) mediante factores de 0.5-0.8, siendo indicadores clave de procesos como intrusión salina, contaminación minera o actividad microbiana en acuíferos.

2.9.5. Sulfatos

Los sulfatos (SO_4^{2-}) son aniones inorgánicos presentes naturalmente en el agua por disolución de minerales (ej.: yeso, anhidrita) o por actividades humanas (minería, industria). Según la OMS (2022), el límite recomendado en agua potable es 250 mg/L, ya que concentraciones superiores a 500 mg/L causan efectos laxantes y alteran el sabor. Estudios como el de Gómez et al. (2023) en Colombia evidenciaron que el 35% de los pozos en áreas mineras exceden los 1,000 mg/L, asociados al drenaje ácido de minas.

Estudios recientes demuestran que en acuíferos costeros la intrusión salina eleva simultáneamente sulfatos y cloruros, mientras que en zonas mineras el drenaje ácido genera plumas de contaminación que persisten por décadas (Gómez-Ortiz, 2022; Zhang et al., 2024). Cuando las concentraciones exceden 500 mg/L, se observan impactos en salud humana como trastornos gastrointestinales, corrosión de infraestructura de 0.2 mm/año en tuberías y reducción de biodiversidad acuática en un 40% menos macroinvertebrados. Para mitigación, tecnologías como intercambio iónico que presenta 95% eficiencia y precipitación con bario han demostrado efectividad, aunque su aplicación varía según el contexto geológico (EPA, 2024; Torres, 2023).

2.9.6. Nitratos

Los nitratos (NO_3^-) son aniones poliatómicos derivados de la oxidación del nitrógeno, que se movilizan fácilmente en sistemas hídricos debido a su alta solubilidad y carga negativa. Según Appelo & Postma (2022) en "Geochemistry, Groundwater and Pollution", su presencia en acuíferos proviene principalmente de: fertilizantes agrícolas, aguas residuales, y deposición atmosférica. constituyen una amenaza potencial tanto para los sistemas ecológicos como para el bienestar poblacional cuando exceden ciertos umbrales críticos. Según directrices internacionales (Organización Mundial de la Salud, 2023) a concentración máxima permisible de nitratos en agua potable no debe exceder los 50 miligramos por litro, concentración que previene trastornos como la metahemoglobinemia en población infantil. En concordancia, la EPA (2023) fija un estándar más conservador de 10 mg/L expresado como nitrógeno ($\text{NO}_3\text{-N}$), equivalente a 44 mg/L de nitrato (NO_3^-), considerado seguro para la ingesta prolongada. Investigaciones recientes (Penn State Extension, 2023) advierten que

concentraciones superiores pueden desencadenar el "síndrome del bebé azul", condición clínica caracterizada por la incapacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno eficientemente, particularmente peligrosa para lactantes y grupos vulnerables.

2.9.7. Dureza Total

La dureza del agua es un parámetro que mide la concentración total de cationes divalentes en solución, siendo los principales: calcio (Ca^{2+}) que contribuye en un 60–80% a la dureza total y magnesio (Mg^{2+}) que representa el 20–40% restante, además su concentración se expresa convencionalmente en equivalentes de carbonato de calcio (mg/L CaCO_3) para estandarizar mediciones. Aunque la OMS (2022) no especifica un umbral máximo obligatorio para agua de consumo, su documento "Guidelines for Drinking-water Quality" sugiere mantener valores inferiores a 300 mg/L de dureza total, con el fin de prevenir efectos adversos como la obstrucción progresiva de tuberías, reducción de eficiencia en calderas, acumulación de sarro en resistencias, alteraciones organolépticas (sabor terroso/metálico) y la disminución de la eficacia de agentes limpiadores.

La dureza del agua, es un parámetro clave con implicaciones técnicas y sanitarias. Investigaciones recientes como las de Fernández (2023) en acuíferos kársticos españoles han documentado niveles de hasta 800 mg/L de CaCO_3 , originados por la disolución natural de rocas calcáreas. Mientras la OMS (2022) no establece un límite estricto, recomienda mantenerla bajo 300 mg/L para prevenir daños en infraestructuras estudios como el de Kumar (2024) demuestran que niveles que superan a 120 mg/L posiblemente provoquen incrustaciones de 0.5 mm anuales en tuberías. En contextos extremos como Yucatán (México), la naturaleza geológica genera aguas con 1,200 mg/L (Gómez, 2023), mientras que en Rajasthan (India) las prácticas agrícolas elevan la dureza a 600 mg/L (Singh, 2024). Para su control, tecnologías como intercambio iónico con 90-95% de eficacia y ósmosis inversa con 98% de eficiencia, han demostrado efectividad, aunque su aplicación debe considerar el balance iónico del agua (EPA, 2024; Torres, 2023).

Tabla 1. Dureza del Agua

Dureza ($\text{mg CaCO}_3/\text{l}$)	Tipo de agua
0 - 15	Agua muy suave
16 - 75	Agua suave
76 - 150	Agua media
151 - 300	Agua dura
>300	Agua muy dura

2.10. Parámetros microbiológicos del agua

2.10.1. Bacterias Coliformes Totales

Estos microorganismos pertenecen al grupo de las Enterobacteriaceae, bacterias que colonizan de forma natural diversos ambientes como suelo, cuerpos de agua y superficies vegetales. Si bien generalmente no son patógenas, su detección en sistemas de agua potable funciona como bioindicador de contaminación fecal potencial, revelando posibles vías de ingreso de microorganismos nocivos al suministro hídrico (Penn State Extension, 2023). Para su cuantificación se emplean técnicas estandarizadas como del Número Más Probable (NMP): basada en diluciones seriadas y crecimiento en medios selectivoso filtración por membrana donde las colonias se cuantifican tras incubación en filtros específicos, reportándose en Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 ml (UFC/100 ml). Según las directrices internacionales de la Organización Mundial de la Salud (2008) para agua potable, se requiere la ausencia completa de estos indicadores microbianos en muestras de 100 ml, estableciendo este criterio como fundamental para garantizar la seguridad del agua de consumo., ya que su identificación sugiere contaminación microbiológica y amenaza a la salud pública, particularmente para grupos vulnerables (niños, adultos mayores e individuos inmunodeprimidos), quienes podrían desarrollar trastornos gastrointestinales ante su ingesta.

2.10.2. Bacterias Heterotróficas

Las bacterias heterotróficas (BH) constituyen un grupo microbiano dependiente de materia orgánica para sus procesos metabólicos, ya que utilizan compuestos orgánicos como fuente de carbono y oxidan estos sustratos mediante respiración/fermentación como fuente de energía, incluyendo géneros potencialmente patógenos como Pseudomonas, Aeromonas y Flavobacterium, los cuales proliferan en agua con nutrientes disponibles (OMS, 2022). Su concentración se mide en UFC/ml mediante cultivo en agar estándar (20-28°C/5-7 días), donde la OMS recomienda < 500 UFC/ml para agua potable, mientras que la EPA (2023) establece < 200 UFC/ml en sistemas de distribución, ya que valores superiores indican contaminación orgánica y riesgo de biofilms que albergan patógenos como Legionella (Zhang et al., 2023). Estas bacterias representan especial peligro para poblaciones vulnerables (inmunodeprimidos, neonatos), causando infecciones cutáneas, gastroenteritis o conjuntivitis, y su proliferación se ve favorecida por temperaturas cálidas (15-30°C), alta turbidez (>5 NTU) y presencia de materia orgánica (COT >2 mg/L), siendo un indicador crítico de fallas en procesos de desinfección o filtración (Craun et al., 2022).

2.10.3. Bacteria *Escherichia coli*

Es una bacteria con forma de bastón que presenta tinción negativa en la prueba de Gram y forma parte de la flora intestinal habitual en seres humanos y otros animales de sangre caliente, cuya detección en sistemas hídricos constituye un marcador específico de contaminación fecal reciente debido a su exclusiva procedencia entérica (WHO, 2008). Si bien numerosas cepas son comensales, variantes patógenas pueden desencadenar cuadros clínicos severos que incluyen colitis hemorrágica, síndrome urémico hemolítico y falla renal en poblaciones sensibles (Mayo Clinic, 2022). Su análisis se realiza mediante técnicas de NMP o cultivos en medios cromogénicos, reportándose en UFC/100 ml, donde la ausencia total en este volumen es mandatoria según estándares internacionales de agua potable (WHO, 2008), dado que incluso bajas concentraciones (<1 UFC/100 ml) implican exposición a patógenos entéricos como *Cryptosporidium* o norovirus (LeChevallier & Au, 2022)

2.11. Límites Máximos Permisibles (LMP)

Corresponden a concentraciones regulatorias de componentes biológicos, físicos o químicos en emisiones o descargas, cuyo exceso representa impactos negativos a la salud, el bienestar socioambiental y los ecosistemas. Estos umbrales, establecidos mediante instrumentos legales como la Ley N° 28611 (Ley General del Ambiente), son de cumplimiento obligatorio y pueden expresarse como rangos, valores máximos o mínimos según el parámetro evaluado. Su diseño busca armonizar la protección de sistemas específicos (a través de LMP) con los objetivos generales de calidad ambiental (ECA), asegurando que las emisiones no excedan la resiliencia ecológica de los entornos receptores. Su incumplimiento constituye una infracción legal, ya que representan el umbral científico donde las emisiones superan la resiliencia de los sistemas receptores, particularmente en entornos vulnerables como cuencas hidrográficas o áreas urbanas (OECD, 2021; MINAM Perú, 2022).

2.12. Índice de Calidad del Agua

El Índice de Calidad del Agua NSF (ICA-NSF), desarrollado por la National Sanitation Foundation en colaboración con especialistas en recursos hídricos, constituye un instrumento estandarizado para valorar integralmente las condiciones del agua mediante el análisis combinado de variables fisicoquímicas y microbiológicas. Investigaciones seminales como las de Ott (1978) y Dinius (1987) han validado su aplicación para: establecer comparaciones espaciales entre diferentes cuerpos hídricos, analizar variaciones temporales en su calidad, y evaluar la eficacia de políticas públicas relacionadas con gestión hídrica,

permitiendo priorizar áreas críticas que demandan acciones correctivas inmediatas. Su diseño metodológico lo ha posicionado como referencia global en evaluación ambiental.

El Índice de Calidad del Agua NSF adaptado para acuíferos (ICA-NSF-GW) analiza nueve variables críticas mediante un sistema de ponderación siendo en físicos: turbidez, temperatura, SDT, en químicos: pH, oxígeno disuelto OD, demanda bioquímica de oxígeno a 5 días (DBO₅), nitratos (NO₃⁻), fosfatos (PO₄³⁻) y en biológicos: Coliformes termotolerantes, fosfatos (PO₄³⁻), donde cada parámetro se normaliza a una escala 0-100 mediante funciones matemáticas específicas que reflejan su impacto relativo en la calidad hídrica. A pesar de ello, este índice se puede adaptar a aguas subterráneas, esta adaptación hidrogeológica permite ajustar los pesos asignados según la vulnerabilidad del acuífero (ej.: mayor peso a nitratos en zonas agrícolas), ofreciendo una evaluación contextualizada que supera las limitaciones del índice original diseñado para aguas superficiales (Brown et al., 2023). Estudios recientes como el de Martínez-López et al. (2023) aplicaron este índice en acuíferos agrícolas del Valle Central (Chile), revelando que el 40% de los pozos muestreados presentaban calidad "regular" (ICA 50-70) debido principalmente a altos niveles de nitratos (>45 mg/L) y coliformes. La EPA (2024) destaca su utilidad para comparación estandarizada, aunque señala limitaciones al no incluir metales pesados o contaminantes emergentes. En México, la CONAGUA (2023) implementó una versión modificada que incorpora arsénico, obteniendo valores 15-20% más bajos que el ICA-NSF tradicional en acuíferos con contaminación natural. Para mejorar su precisión, investigaciones como la de Kumar et al. (2024) proponen ajustar las curvas de calidad según condiciones hidrogeológicas locales.

2.13. Distrito de Pueblo Nuevo

Alberga una población estimada de 15,000 residentes según los últimos censos nacionales (INEI, 2023). Su actividad económica predominante es el sector agrícola, destacándose como principales cultivos el café (65% de la superficie cultivable), cacao (20%) y plátano (15%), complementado con una producción ganadera incipiente focalizada en bovinos y porcinos (MINAGRI, 2022). A pesar de contar con infraestructura básica de servicios, el Ministerio de Vivienda (2023) reporta que el 38% de la comunidad rural de pueblo nuevo carece de acceso continuo a agua tratada gestionada para ser segura, dependiendo de fuentes superficiales (ríos, quebradas) o subterráneas (pozos artesanales) no tratadas, situación que se agrava por la cobertura limitada de sistemas de saneamiento (solo 62% tiene alcantarillado) y electrificación rural (73% de hogares).

El distrito de Pueblo Nuevo presenta importantes retos en desarrollo humano, con una prevalencia del 18.7% de malnutrición crónica infantil en edades de 5 años a menores (ENDES, 2023) y un índice de pobreza multidimensional del 32.4% que se concentra en sus zonas rurales (INEI, 2023). La estructura laboral del distrito muestra que el 68.3% de los habitantes se emplea en actividades agropecuarias de subsistencia, mientras solo el 21.5% participa en comercio local y el 10.2% en servicios básicos (ENAHO, 2023).

El caserío de Shiringal corresponde al distrito de Pueblo Nuevo, en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, pertenece a la ecorregión de selva alta peruana, específicamente entre los 600-800 metros de altitud. Presenta un clima tropical húmedo con temperaturas medias anuales de 24-26°C y un régimen pluviométrico marcado, donde el 70% de las precipitaciones anuales se concentran entre noviembre y marzo (SENAMHI, 2023). Presenta una población predominantemente mestiza (65%) y con significativa influencia cultural de migrantes andinos (35%), cuya base económica se sustenta en sistemas agropecuarios diversificados. Estos sistemas incluyen: cultivos permanentes (Coffea arabica - 45% del área agrícola, Theobroma cacao - 30%, Musa paradisiaca - 15%), y ganadería de pequeña escala con énfasis en bovinos criollos (promedio de 5 cabezas por unidad productiva) y avicultura de traspatio (Municipalidad Distrital de Pueblo Nuevo, 2023; MINAGRI, 2023).

El caserío de Shiringal presenta graves deficiencias en infraestructura esencial, donde solo el 32% de los hogares cuenta con acceso a servicios básicos completos según estándares nacionales (INEI, 2023). En el ámbito educativo, la ausencia de instituciones escolares (tanto primaria como secundaria) obliga al 78% de los estudiantes a desplazarse diariamente a Pueblo Nuevo mientras que el 22% restante abandona el sistema educativo (MINEDU, 2024). El sistema de salud es igualmente precario, limitándose a un puesto de salud sin personal médico permanente, dejando al 89% de la población sin cobertura regular (MINSAL, 2023).

Aunque el 94% de las viviendas cuenta con conexión eléctrica esta presenta interrupciones diarias. La situación hídrica es crítica: el 68% de familias se abastece de pozos excavados sin tratamiento (riesgo de contaminación por coliformes) y el 24% de quebradas, mientras que solo el 8% accede a agua entubada (no clorada). El saneamiento básico alcanza apenas al 15% de hogares según ENDES, 2023).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación Política de la zona de estudio

La toma de muestras de los pozos se realizó en el caserío de Shiringal, Distrito de Pueblo Nuevo y fueron analizadas en los laboratorios de calidad de agua y microbiología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, perteneciente a la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en la ciudad de Tingo María, Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

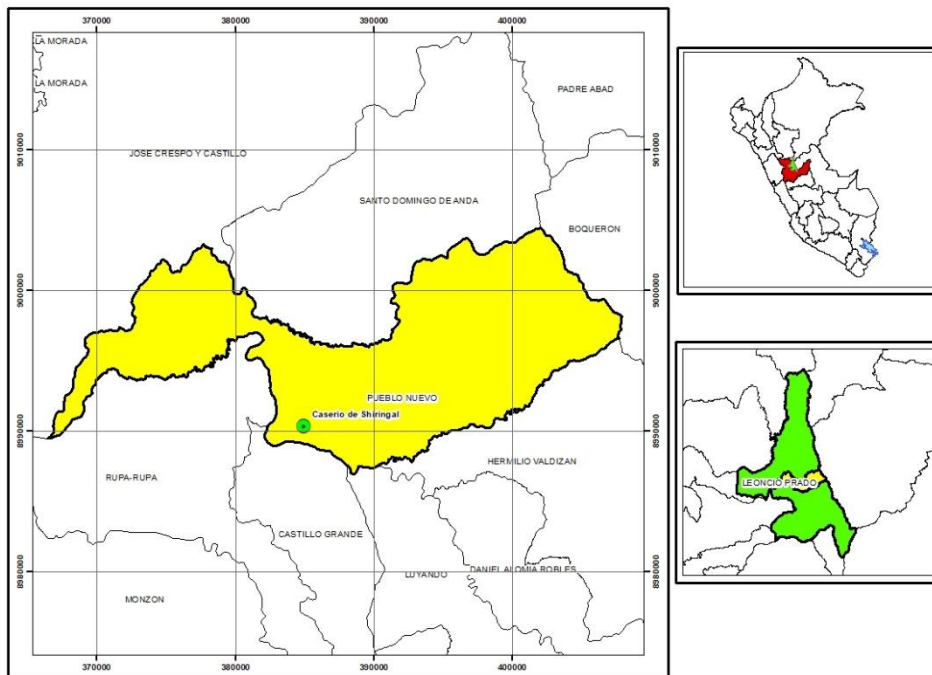


Figura 1. Mapa de Ubicación Política del Caserío de Shiringal

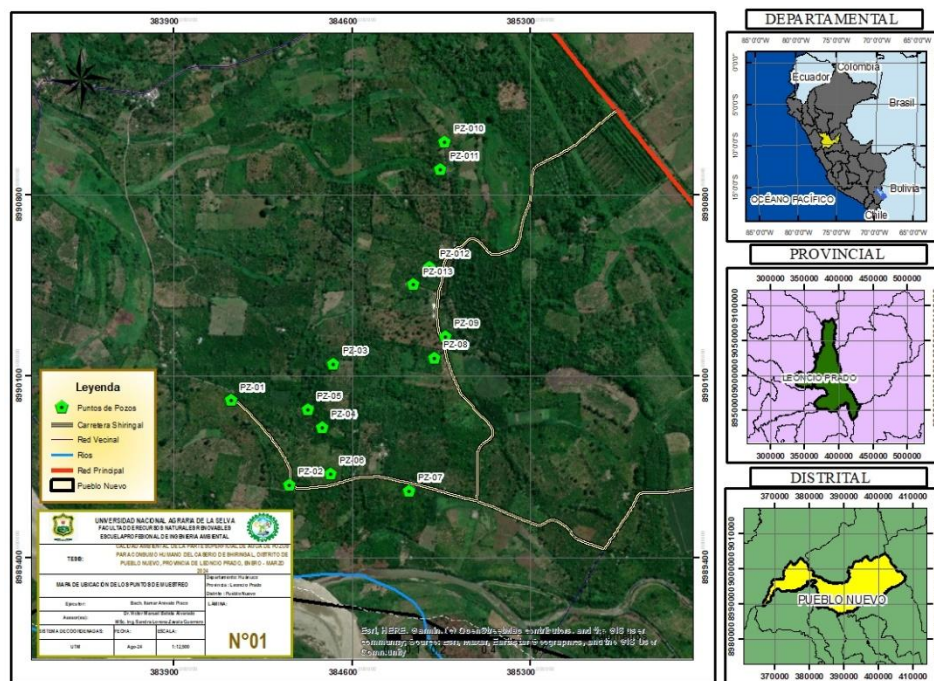
3.1.2. Ubicación Geográfica de la zona de estudio

El caserío de Shiringal presenta como coordenadas UTM, Este: 384925.7, Sur: 8990366.69, Altitud de 602 m.s.n.m y Zona 17S. En la tabla 2 se consignan las coordenadas UTM/WGS84 que georreferencian los puntos de muestreo estudiados.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo de los pozos del Caserío del Shiringal

Punto de muestreo	Coordenadas UTM (WGS 84)		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
SRGLP-01	384129	8990008	588
SRGLP-02	384356	8989683	601
SRGLP-03	384530	8990148	603
SRGLP-04	384485	8989904	603
SRGLP-05	384429	8989974	606
SRGLP-06	384518	8989725	622
SRGLP-07	384827	8989660	618
SRGLP-08	384924	8990171	617
SRGLP-09	384967	8990254	613
SRGLP-10	384966	8991005	613
SRGLP-11	384949	8990900	611
SRGLP-12	384907	8990522	608
SRGLP-13	384844	8990455	607

También se presenta la ubicación geográfica de los Pozos en la figura 2.

**Figura 2.** Mapa de Ubicación Geográfica de los Pozos en el Caserío de Shiringal

3.1.3. Aspectos sociales y ambientales

A. Clima

Presenta un clima tropical hiperhúmedo caracterizado por precipitaciones persistentes durante todo el año y temperaturas elevadas con variación espacial. Los registros históricos (1981-2010) revelan que las temperaturas máximas promedian entre 31-33°C en la zona norte y 29-31°C en el sector sur, mientras que las mínimas oscilan entre 21-25°C y 17-21°C respectivamente, evidenciando un gradiente térmico norte-sur de 2-4°C. Los acumulados pluviométricos anuales, que varían entre 2100-5000 mm, confirman la condición

hiperhúmeda del área, con humedad relativa constantemente superior al 85% SENAMHI (2024). Estas condiciones bioclimáticas extremas generan ecosistemas ombrófilos con alta biodiversidad, pero también plantean desafíos para la gestión hídrica, particularmente en control de inundaciones y erosión de suelos.

- Temperatura

Según los datos recopilados por la Estación Meteorológica 'Tulumayo', situada a menos de 1.5 km del Caserío de Shiringal, se obtuvieron los siguientes promedios anuales de temperatura: una máxima de 31.2 °C y una mínima de 20.5 °C. Estos valores pueden verificarse en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Temperatura Máxima (°C) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"

Año	Meses												Prom.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2018	29.8	29.7	30.4	30.5	30.6	29.6	30.5	30.9	32.7	31.1	30.5	31	30.6
2019	30.4	30.3	30.4	30.8	31	30.7	30.1	31.7	31.7	31	31.8	30.1	30.8
2020	30.8	30.1	32.9	S/D	S/D	S/D	S/D	31.6	31.6	32.6	32.6	30.3	31.6
2021	30.2	30.9	30.5	30.5	30.6	29.8	30.5	31.1	31.8	32.4	30.9	31	30.9
2022	31.2	29.5	29.8	30.9	30.2	30.2	31.3	30.7	32.5	32.9	32.2	31	31.0
2023	30.2	30.5	30.3	31.4	30.9	31	32	33	33.4	32.8	31.8	30.8	31.5
2024	31.9	31.8	32.2	32.4	31.9	31.1	31.3	32.2	33.4	33.6	30.4	30.5	31.9
Prom.	30.6	30.4	30.9	31.1	30.9	30.4	31.0	31.6	32.4	32.3	31.5	30.7	31.2

Fuente: SENAMHI (2024)

Tabla 4. Temperatura Mínima (°C) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"

Año	Meses												Prom.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2018	20.8	20.2	20.8	20.1	20.5	19.3	19	19	19.3	20.9	21.2	21.4	20.2
2019	21.1	21.5	21.3	21.2	21	19.6	19.5	18.5	19.7	20.3	21.1	21.1	20.5
2020	21.7	21.4	21.6	S/D	S/D	S/D	S/D	19.7	19.4	19.8	20.5	21.1	20.7
2021	20.7	21.4	20.5	20.7	20.5	20.4	19	19.2	19.8	20.9	21.1	21.4	20.5
2022	21.1	20.8	21.1	21.2	20.6	18.6	19.9	19.1	19.6	20.9	20	20.1	20.3
2023	20.2	21	21	20.8	20.8	19.9	19.7	19.6	19.9	20.9	21.3	22.1	20.6
2024	22	21.7	21.8	22.2	22.1	20.5	19.8	19.2	19	20.7	21.1	21	20.9
Prom.	21.1	21.1	21.2	21.0	20.9	19.7	19.5	19.2	19.5	20.6	20.9	21.2	20.5

Fuente: SENAMHI (2024)

- Humedad Relativa

Según los datos recopilados por la Estación Meteorológica 'Tulumayo', situada a menos de 1.5 km del Caserío de Shiringal, revelan un valor promedio anual del 83.2 % en humedad relativa, dato que se encuentra documentado en la tabla 5.

Tabla 5. Humedad Relativa (%) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"

Año	Meses												Prom.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2018	83.2	85.7	84.5	83.3	83.4	83.6	79.7	80.1	78.5	82.7	84.9	83.1	82.7
2019	83.6	85.5	86.8	88.5	87	85.5	84.3	79.8	81.6	81.8	81.8	84.7	84.2
2020	83.7	86.1	82.2	S/D	S/D	S/D	S/D	80	82.7	80.2	81.1	83.6	82.5
2021	82.2	81.2	83.5	85.1	83.2	83.3	80.3	80.3	80	80.8	84	83.3	82.3
2022	82.5	86.8	85.6	84.3	85.7	84.8	83.8	82.7	80.6	81	79.5	82	83.3
2023	84.4	85.1	85.3	84.1	85.5	81.4	78.4	76.4	80	84.1	84.5	86.1	82.9
2024	84.5	84.2	85.7	85.5	86.1	85.9	82.3	83.2	82.5	81.9	87.6	87.1	84.7
Prom.	83.4	84.9	84.8	85.1	85.2	84.1	81.5	80.4	80.8	81.8	83.3	84.3	83.2

Fuente: SENAMHI (2024)

- Precipitación

La estación 'Tulumayo' (cercana a Shiringal) registra 85.1 mm de precipitación anual promedio, dato que aparece consignado en la tabla 6.

Tabla 6. Precipitación (mm) de la Estación Meteorológica "Tulumayo"

Año	Meses												Sum.
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	
2018	13.1	9.1	7.3	5.5	3.4	4.8	0.2	5.8	3.2	12.5	16.5	9.7	91.1
2019	12.6	7.3	15.2	4.5	4	5	4	0.9	1.7	8.6	8.3	19.9	92
2020	17.3	10.3	5.3	S/D	S/D	S/D	S/D	2.4	3.9	3.1	8.4	10.9	61.6
2021	11.8	5.2	10.1	8.7	5.1	5.8	3.6	3.8	3.5	6.1	13.7	9.1	86.5
2022	10.6	11.6	12.4	5.7	5.9	5.1	2.8	4.7	5.5	7.9	4.5	9.1	85.8
2023	7.7	11	6.8	3	5.8	2.5	5.1	1.4	4.7	4.5	12.2	12.6	77.3
2024	13.5	9.8	9.1	5.3	6.5	2.4	0.8	2.5	0.8	7.4	10.7	13.4	82.2
Prom.	12.4	9.2	9.5	5.5	5.1	4.3	2.8	3.1	3.3	7.2	10.6	12.1	85.1

Fuente: SENAMHI (2024)

B. Zonas de Vida

Pueblo Nuevo fue clasificado como bmh-PT (MINAGRI, 2014), pero MINAM (2017) lo redefine como bosque muy húmedo Premontano Tropical con zona de transición a bosque húmedo.

C. Población

De acuerdo con los censos del INEI (2017), el Distrito de Pueblo Nuevo, que alberga al Caserío de Shiringal, registró una población total de 4,143 habitantes, con una distribución de 2,176 hombres (52.5%) y 1,967 mujeres (47.5%). A escala local, Shiringal presentaba una población reducida de 27 personas, aunque sin especificación demográfica por género.

D. Actividades Socio Económicas

La tabla 7 detalla la distribución ocupacional de Pueblo Nuevo, donde predominan las actividades agropecuarias y forestales (agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) con 1,385 trabajadores, lo que constituye el 80.52% de la población económicamente activa registrada. En segundo plano, se ubica el sector de administración pública y seguridad social obligatoria, que emplea a 69 personas (4.01% del total), evidenciando una marcada dependencia de la economía primaria en la región según los datos censales.

Tabla 7. Actividades Económicas del distrito de Pueblo Nuevo, Caserío de Shiringal

Actividades Económicas	Cantidad	Porcentaje (%)
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1385	80.52
Industrias manufactureras	10	0.58
Construcción	20	1.16
Comerc., reparación de veh. autom. y motoc.	41	2.38
Vent., mant. y reparación de veh. autom. y motoc.	5	0.29
Comercio al por mayor	2	0.12
Comercio al por menor	34	1.98
Transporte y almacenamiento	35	2.03
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas	32	1.86
Información y comunicaciones	1	0.06
Actividades profesionales, científicas y técnicas	13	0.76
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	17	0.99
Adm. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	69	4.01
Enseñanza	31	1.80
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	15	0.87
Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas	1	0.06
Otras actividades de servicios	12	0.70
Act. de los hogares como empleadores; act. no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	9	0.52
Desocupado	29	1.69
Total	1720	100

Fuente: INEI (2017)

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Materiales de muestreo

Para el muestreo se utilizaron 20 envases esterilizados (10 de vidrio y 10 de polipropileno, ambos de 1 litro con tapa rosca), materiales de identificación (plumón indeleble, etiquetas y cinta de embalaje), documentos de cadena de custodia, equipo de preservación (cooler), elementos de protección personal (guantes, mascarillas y botas), y materiales auxiliares como papel tisú, wincha y 10 metros de soga previamente marcada.

3.2.2. Materiales de laboratorio

Los ensayos de laboratorio requirieron el uso de los siguientes materiales: vidriería convencional (10 vasos precipitados de 250 ml, 13 matraces, 234 tubos de ensayo, 234 tubos Durham, 13 placas Petri y 1 piseta), equipo de medición (2 cubetas para DR900, 2 pipetas y 1 micropipeteador), materiales auxiliares (algodón, papel tisú y mechero), y equipo de protección personal (guardapolvo, mascarillas y guantes) para garantizar condiciones estandarizadas.

3.2.3. Medios de cultivo

Para los cultivos microbianos se utilizaron medios específicos según cada análisis: Caldo Peptona como base nutritiva, Plate Count Agar (PCA) para el recuento de bacterias heterotróficas, para la identificación de coliformes totales se utilizó el medio de cultivo Green Brilla Broth, y E.C. Broth como medio selectivo para *Escherichia Coli*.

3.2.4. Reactivos

Los reactivos utilizados fueron: para Nitrato se usó NitraVer 5 Nitrate Reagent (HR Nitrate), para sulfato HI 93751-01, Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), Solución Hardness Buffer pH 10, Calmagite Indicador para dureza.

3.2.5. Equipos

Turbidímetro 2100Q, Fotómetro de sulfato, multiparámetro multi 3630 IDS, Fotómetro de acondicionamiento de agua, Colorímetro DR900, Refrigerador.

3.2.6. Insumos

Agua Destilada, Solución Buffer 7, Solución Buffer 10, Solución Buffer 4.01, Solución Conductividad 412 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Hielo.

3.2.7. Software

ArcGIS, Microsoft Word, Microsoft Excel, Surfer 16, SPSS v30.

3.3. Tipo de Investigación

Esta investigación evaluó los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua subterránea en los pozos de abastecimiento del caserío Shiringal por lo que adopta un diseño de investigación descriptiva según la clasificación de Sampieri (2014). Como señala el autor, este enfoque busca caracterizar sistemáticamente las propiedades de un fenómeno -en este caso, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua- mediante mediciones

objetivas (pH, turbidez, concentración de contaminantes y carga microbiana), sin establecer relaciones causales. La metodología implementada consistió en: muestreo representativo de los pozos locales, análisis de laboratorio estandarizados, y evaluación comparativa con normativas de agua potable, con el fin de diagnosticar su aptitud para consumo humano. Como toda investigación descriptiva (Sampieri et al., 2014), los resultados proporcionan una evidencia precisa de las condiciones actuales, identificando potenciales riesgos sanitarios, pero sin profundizar en sus orígenes, lo que corresponde a una etapa fundamental para futuros estudios explicativos o correctivos.

3.3.1. Variables de estudio

- **Variable Independiente:** Los pozos del Caserío Shiringal
- **Variable Dependiente:** Calidad del agua de pozos

3.3.2. Diseño de Investigación

Como lo menciona el marco de Sampieri et al. (2014), esta investigación adoptó un diseño no experimental transversal, estrategia metodológica que implicó la recolección de datos durante un período específico (época de avenida) sin manipulación de variables ambientales. El estudio se centró en la caracterización descriptiva integral de 7 parámetros fisicoquímicos (incluyendo pH, SDT, nitratos y turbidez) y microbiológicos (coliformes totales, B. Heterotróficas y E. coli) del agua mediante muestreos estandarizados, la cuantificación del flujo hídrico en los pozos evaluados, y la representación gráfica de los resultados mediante diagramas didácticos (figura 3). Al ser un enfoque descriptivo-transversal, permite documentar el estado actual del sistema hídrico incluyendo su calidad y dinámica, pero sin establecer relaciones causales o evolutivas, lo que resulta idóneo para diagnósticos base.

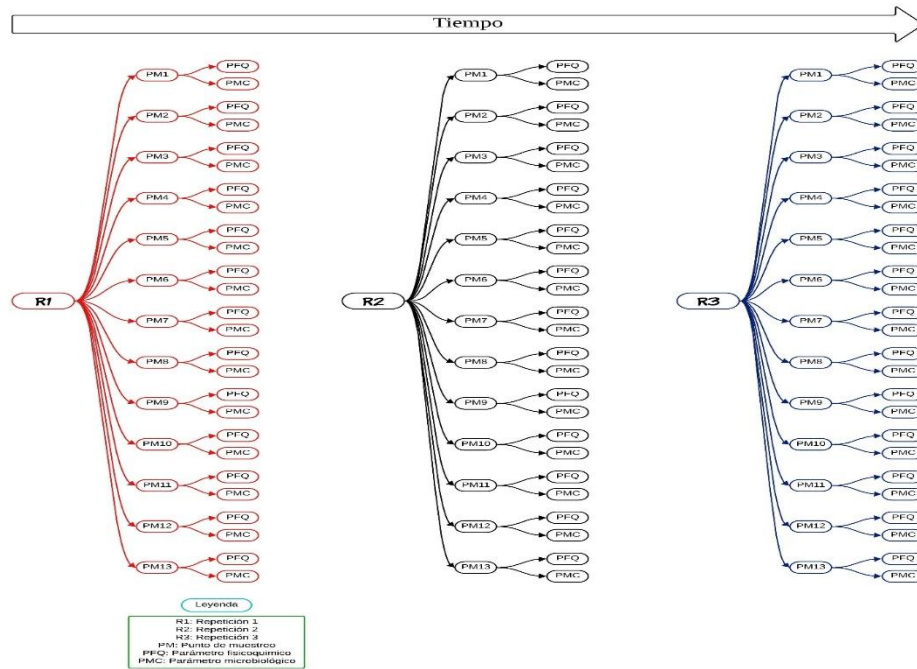


Figura 3. Diagrama del diseño de investigación aplicado en este trabajo de investigación

3.4. Metodología

Para iniciar el trabajo de investigación, reconocimos el área e identificamos los puntos de muestreo, de la siguiente manera:

A. Reconocimiento del área e identificación de los puntos de muestreo

La zona de investigación comprendió 13 pozos de consumo humano preexistentes en el Caserío Shiringal. La georreferenciación de estos puntos se realizó mediante un GPS MAP, registrando coordenadas exactas, mientras que la altura total de cada pozo fue medida in situ con instrumental, cuyos datos cuantitativos se consignan en la tabla 8.

Tabla 8. Coordenadas UTM y Profundidad de los pozos del Caserío Shiringal

N° punto	Coordenadas UTM			Altura total del pozo (m)
	Este	Sur	Altitud (m.s.n.m)	
1	384129	8990008	588	4.50
2	384356	8989683	601	2.95
3	384530	8990148	603	2.73
4	384485	8989904	603	3.00
5	384429	8989974	606	3.88
6	384518	8989725	622	4.50
7	384827	8989660	618	4.50
8	384924	8990171	617	4.00
9	384967	8990254	613	4.00
10	384966	8991005	613	3.50
11	384949	8990900	611	3.50
12	384907	8990522	608	3.90
13	384844	8990455	607	4.00

B. Muestreo

El trabajo de campo se realizó durante el trimestre enero-marzo de 2024, correspondiente a la época de avenida (caudales máximos anuales) realizando tres campañas mensuales para asegurar la representatividad temporal de los datos. Cada fase de muestreo siguió estrictamente el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (ANA, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), garantizando: métodos de conservación adecuadas, locaciones normalizadas, y cadena de custodia documentada.

- Muestro para los parámetros fisicoquímicos

Las muestras fueron recolectadas en 13 envases de polipropileno esterilizadas previamente, obteniéndose el agua del pozo con ayuda de un balde. Hubo un enjuague previo de 2 veces con el agua recolectada, para después recién tomar la muestra sin dejar espacio, es decir, el frasco completamente lleno. Luego se procedió a cerrarlo, rotularlo con la fecha, la hora, número y nombre de la muestra, para después envolver con cinta adhesiva, así evitando que se borren los datos. Finalmente se coloca la muestra en cooler para ser trasladado.

- Muestreo para los parámetros microbiológicos

Las muestras fueron recolectadas en 13 envases de vidrio esterilizadas. Fueron acondicionados mediante dos enjuagues consecutivos, para después recién tomar la muestra dejando 10% del volumen del recipiente. Luego se procedió a cerrarlo, rotularlo con la fecha, la hora, número y nombre de la muestra, para ponerle cinta adhesiva y así evitar que se borren los datos. Finalmente se coloca la muestra en cooler para ser trasladado.

- Traslado de muestras

Para garantizar la preservación de las muestras, se utilizaron dos contenedores isotérmicos para su transporte al laboratorio, uno de 35 litros para las muestras microbiológicas y el otro de 20 litros para las muestras fisicoquímicas. Ambos coolers contenían hielo, para la conservación de las muestras a baja temperatura hasta su traslado a los laboratorios de calidad del agua y microbiológica, donde fueron guardadas en el refrigerador a una temperatura de 4°C.

3.4.1. Determinación del flujo hídrico del agua de pozos para consumo humano.

Para una correcta medición de los niveles freáticos en los pozos se realizó siguiendo la metodología estandarizada descrita por Todd & Mays (2005) en su obra "Hidrología Subterránea" (Groundwater Hydrology). Este método se aplicó en los pozos del caserío de Shiringal, donde se usó una soga con medida, la cual estuvo amarrada a un objeto pesado para llegar hasta la profundidad del pozo. Para medirlo se vio hasta donde está mojada la pita o soga, luego se marcó y midió con una wincha su profundidad, como se puede observar en la figura 4 donde se midió la altura desde el espejo del agua hasta la profundidad donde choca con el suelo igualmente la altura total y el diámetro.

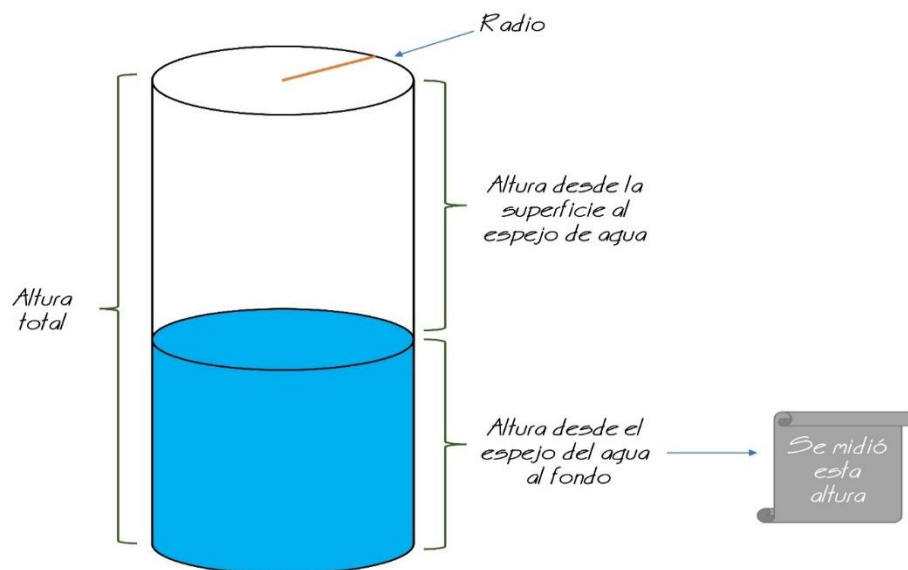


Figura 4. Medición de profundidad del pozo.

Sánchez et al. (2016) señalan que la modelización del flujo hídrico subterráneo puede representarse cartográficamente mediante el procesamiento integrado de variables como: altitud, coordenadas UTM, profundidad del pozo y nivel estático del agua. En este estudio, se utilizaron los softwares Surfer 16 y ArcGIS 10.8 para procesar estos parámetros, generando un mapa de flujo hídrico detallado. Adicionalmente, se calculó el volumen promedio y específico de agua almacenada en los pozos durante el período evaluado (enero-marzo), permitiendo contrastar cuantitativamente los resultados cartográficos con los datos volumétricos obtenidos.

3.4.2. Determinación los parámetros fisicoquímicos del agua de pozos.

Las determinaciones fisicoquímicas realizadas en el laboratorio especializado en calidad de agua, aparecen consolidados en la tabla 9.

Tabla 9. Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio de Calidad de Agua

Parámetros	Método
Turbidez	HACH 2100Q
Potencial de Hidrogeno (pH)	Multiparámetro Multi 3630
Conductividad Eléctrica (CE)	Multiparámetro Multi 3630
Solidos Disueltos Totales (SDT)	Multiparámetro Multi 3630
Sulfato	HI97751C
Nitrato	Nitraver 5 Nitrate HR
Dureza	Método químico EDTA

Para determinar estos parámetros se realizaron de la siguiente manera:

A. Turbidez

Se usó el Turbidímetro Hach 2100Q, el cual se calibró con el botón de calibración del equipo, se insertó la celda de 20 NTU y el equipo comenzó a calibrarse de inmediato, luego que finalizó, se puso la celda de 100 NTU, se esperó hasta que calibre y se colocó la celda de 800 NTU, una vez completado, se habrá calibrado el equipo. Para comprobarlo, se insertó la celda de 10 NTU donde el equipo debió medir en el rango de 9 a 11 NTU, como si cumplió, entonces el equipo está operativo. Para su medición, se procedió a llenar la cubeta con el agua muestreada hasta alcanzar la línea de aforo establecida, garantizando así el volumen exacto requerido para el análisis, luego se presionó el botón de medición, se esperó hasta que estabilice y se anotó el valor en NTU.

B. pH

Para las mediciones de pH se empleó un electrodo de pH previamente calibrado con soluciones buffer en valores de 4.01, 7.00 y 10.01. Se vertió en un vaso pequeño 15 ml de la solución de 4.01, se presionó el botón Cal del equipo Multi 3630 IDS, se introdujo la sonda en el envase con la solución y se esperó hasta que se estabilice, luego se presionó enter y se pasó a la siguiente solución calibrándose de igual manera con las 3 soluciones. Tras completar la calibración, se sumergió la sonda en un vaso precipitado que contenía 160 ml de la muestra hídrica. Tras la inmersión, se preservaron condiciones de reposo controlado (sin agitación) hasta alcanzar la estabilización de las lecturas del equipo, momento en el cual se registró el valor obtenido.

C. Conductividad Eléctrica

Se utilizó una Sonda de conductividad eléctrica, que fue debidamente calibrada con solución de conductividad de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Se vertió en un vaso pequeño 15 ml de esa solución, se presionó el botón Cal del multiparámetro, se introdujo la sonda en el envase

con la solución y se esperó hasta que se estabilice, luego se presionó enter. Tras completar la calibración, se sumergió la sonda en un vaso precipitado que contenía 160 ml del agua muestreada. Se mantuvo en reposo hasta alcanzar la estabilización de las lecturas del equipo, momento en el cual se apuntó el resultado obtenido.

D. Sólidos Disueltos Totales

El análisis se realizó con la misma Sonda que se usó para la Conductividad, como fue debidamente calibrada, se encontró operativo, por ello solo se presionó el botón de cambio del Multi 3630 IDS hasta que cambie a Sólidos Totales Disueltos y se tomó el valor.

E. Sulfato

Se utilizó el fotómetro HI97751C mediante un protocolo estandarizado: en dos celdas se depositaron 10 ml del agua muestreada, procediéndose a agregar la sustancia reactante HI97751C en una de ellas, la cual se agitó circularmente hasta su completa disolución y se dejó reaccionar durante 5 minutos, desarrollando una coloración amarilla cuya intensidad varió según la concentración de sulfatos presentes; simultáneamente, se empleó la segunda celda como blanco para calibrar el equipo (modo Zero) antes de realizar la medición final siguiendo la guía operativa integrada del fotómetro, lo que permitió obtener valores precisos de absorbancia correlacionados con los niveles de sulfato en las muestras.

F. Nitrato

Se empleó el Colorímetro DR900 y el reactivo Nitrate HR siguiendo el protocolo estandarizado: se prepararon dos celdas con marcas de 10 ml del agua muestreada, seleccionando el programa 353 N (Nitrate MR PP) en el equipo. En una de las celdas se incorporó el contenido completo del reactivo Nitrate HR, dejándose reaccionar durante 1 minuto con posterior agitación vigorosa hasta su completa disolución, seguido de un período adicional de 5 minutos para el desarrollo completo de la reacción. Previo a la medición, se utilizó la celda blanco (modo Cero), tras lo cual se procedió a leer la absorbancia de la muestra tratada, la cual presentó una progresión de color amarillo desde tonalidades pálidas hasta intensas, dependiendo de que tan concentrado se encuentra el nitrato.

G. Dureza

La medición requirió una solución buffer de dureza, indicador de calmagite y EDTA. Utilizando los envases suministrados con el equipo, se midieron

cuidadosamente 5 ml del agua muestreada que fueron depositados a un frasco de 10 ml para luego añadir 5 gotas de solución Harness Buffer, se agitó el envase hasta que se disolvió por completo, luego se colocó una gota de indicador de calmagite, que le dio una coloración rosada al agua, se agitó hasta que muestra hasta que se haya disuelto por completo. Con una jeringa de 1 ml, se succionó el EDTA hasta esa marca, y se presionó hasta que cayera gota por gota al envase, removiendo hasta que haya cambiado de coloración rosa a azul. Se anotó la cantidad de mililitros que se gastó, luego se multiplicó su valor por 300 y se obtuvo cuantos Mg/l de CaCO_3 se encuentra presente en la muestra.

3.4.3. Determinación de los parámetros microbiológicos (Coliformes Totales, Bacterias Heterotróficas y *Escherichia Coli*) del agua de pozos.

Las determinaciones microbiológicas que fueron llevadas a cabo en el laboratorio de microbiología general se presentan resumidos en la tabla 10.

Tabla 10. Parámetros microbiológicos realizados en el laboratorio de microbiología general

Parámetros	Método
Coliformes Totales	Número Más Probable (NMP)
Bacterias Heterotróficas	Recuento de Bacterias en Placa
<i>Escherichia Coli</i>	Número Más Probable (NMP)

A. Determinación Coliformes Totales y *Escherichia Coli*

La determinación cuantitativa se realizó mediante la técnica del Número Más Probable (NMP) tomando como base el protocolo estandarizado por la American Public Health Association (APHA). El procedimiento incluyó: preparación de caldo peptona en 13 matraces Erlenmeyer, los cuales fueron esterilizados en autoclave (121°C , 15 psi, 15 min); inoculación de 10 ml del agua muestreada en cada matraz con medio esterilizado; finalizando con la preparación paralela de medios selectivos, usamos el caldo E. coli para determinar *Escherichia Coli* y Green Brilla para determinar coliformes totales, los cuales se disolvieron en 1000 ml de agua destilada según especificaciones del fabricante, con posterior homogenización mediante calentamiento a baño María (15 min) para garantizar la correcta disolución de los componentes..

Una vez que todo se haya preparado, se pipetearon 9 ml del caldo E. coli y de Green Brilla, luego se agregaron cuidadosamente en tubos de ensayo que contenían internamente un tubo Durham, completando un total de 234 tubos (117 por cada medio) para el análisis de las 13 muestras. Todos los tubos fueron esterilizados en autoclave bajo condiciones estándar (121°C , 15 psi, 15 minutos) para garantizar su desinfección.

Seguidamente se ejecutaron las siembras con la ayuda de una micropipeta, inoculando 10^{-1} en 3 tubos, 10^{-2} en 3 tubos y 10^{-3} en 3 tubos, repitiendo este proceso para cada una de las muestras, tanto para E. Coli como para Brilla. Terminada la siembra los tubos de E. Coli se llevaron a incubación durante 48 horas a 45 °C y los tubos de Brilla se llevaron a incubación durante 48 horas a 37 °C.

Por último, se realizó la numeración de microorganismos con la ayuda del cuadro estadístico que se muestra en el Anexo H.

B. Determinación de bacterias heterotróficas

El recuento de bacterias heterotróficas (HPC) se realizó según el método de la American Public Health Association (APHA), preparando primero el caldo peptonado en 13 matraces Erlenmeyer (90 ml por unidad) que fueron esterilizados en autoclave (121°C, 15 psi, 15 min), seguido de la inoculación de 10 ml de agua muestreada en cada matraz; paralelamente, hubo una preparación del medio Plate Count Agar (PCA) en un matraz Erlenmeyer según las especificaciones del fabricante, el cual fue igualmente esterilizado bajo las mismas condiciones (121°C, 15 psi, 15 min) para asegurar su esterilidad previa al uso en los cultivos microbianos.

Mediante micropipeta, se inocularon 0.1 µL de cada uno de los 13 matraces en placas Petri independientes, agregándose posteriormente el medio Plate Count Agar (PCA) previamente preparado. Para garantizar una distribución homogénea, se realizó la mezcla mediante cinco movimientos circulares en sentidos opuestos (izquierda-derecha) seguidos de un trazado en forma de ocho. Tras la solidificación del agar, Las placas se mantuvieron en incubación a 35°C por 48 horas, tras lo cual se procedió a contar las colonias bacterianas visibles a simple vista.

3.4.4. Comparación de los resultados del agua de pozos para consumo humano con el Decreto Supremo D.S. N°031 – 2010-SA.

A efectos de análisis comparativo, se emplearon herramientas estadísticas (gráficos y tablas) que relacionaron los datos obtenidos con los límites permisibles estipulados en el Decreto Supremo N°031-210-SA, correspondiente al Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano. Adicionalmente, para evaluar posibles discrepancias significativas entre los datos obtenidos, se aplicó un método de agrupación estadística empleando el software estadístico SPSS, en su versión 30. Los valores reportados corresponden

al promedio aritmético y desviación estándar de las tres repeticiones realizadas, considerando los parámetros fisicoquímicos (Sulfatos, conductividad eléctrica, dureza total, turbidez, sólidos disueltos totales (SDT), nitratos y pH) y parámetros microbiológicos (Bacterias heterotróficas, *Escherichia coli* y Coliformes totales).

3.4.5. Índice de Calidad del Agua (ICA) del agua de pozos para consumo humano

El estudio aplicó el Índice de Calidad del Agua ICA-NSF (Brown et al., 1970), metodología que evalúa 10 parámetros adaptados para esta investigación: Sulfatos, conductividad eléctrica, dureza total, turbidez, sólidos disueltos totales (SDT), nitratos, pH, bacterias heterotróficas, *Escherichia coli* y coliformes totales. El método se implementó en tres etapas: como primera etapa, la ponderación de parámetros según su impacto en salud humana (escala 1-5), asignando peso máximo ($w_i = 5$) a SDT, turbidez, coliformes, HPC, *E. coli* y nitratos por sus efectos adversos documentados; peso intermedio ($w_i = 3$) a sulfatos y dureza; y peso mínimo ($w_i = 1$) a pH y conductividad eléctrica debido a su baja variabilidad y menor riesgo sanitario.

En la fase secundaria, los pesos relativos (W_i) fueron calculados mediante el método de ponderación aritmética propuesto por Horton (1965) y Brown et al. (1970), utilizando la ecuación estándar del índice ICA-NSF que ajusta los pesos en función de su influencia sobre la calidad hídrica.

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=0}^n w_i}$$

Donde:

W_i : Ponderación relativa

w_i : Peso de cada parámetro

N : Número de parámetros

La fase terminal del proceso consistió en calcular los valores Q_i correspondientes a cada parámetro mediante la fórmula.

$$q_i = \left(\frac{C_i}{LMP_i} \right) \times 100$$

Donde:

q_i : Calificación de Calidad

C_i : Concentración medida del parámetro en la muestra en mg/l

LMP_i : Limite Máximo Permisible según el D.S. N°031-2010-SA en mg/l

Este cálculo normaliza los resultados en una escala porcentual, permitiendo evaluar el grado de cumplimiento de acuerdo con el marco regulatorio peruano vigente. El método permite que el valor de Q_i oscila entre 0 (cuando el contaminante está ausente) y 100 (cuando alcanza el LMP según el D.S. N°031-2010-SA), siendo que cifras superiores a 100 indican un incremento en la carga contaminante. Para obtener el Índice de Calidad del Agua (ICA), se suman los subíndices ponderados de cada parámetro (S_{li}), calculados como el producto del peso relativo (W_i) y su calificación (Q_i), según la ecuación:

$$S_{li} = (W_i)(q_i)$$

Donde:

S_{li} : Subíndice de cada parámetro

q_i : Calificación de calidad

W_i : Ponderación relativa

Luego

$$ICA = \sum S_{li}$$

Este enfoque integra matemáticamente la relevancia sanitaria de cada parámetro (a través de W_i) con su grado de incumplimiento normativo (a través de Q_i), generando una evaluación integral de la calidad hídrica, cuyos resultados numéricos son categorizados mediante un sistema de clasificación estandarizado que permite su interpretación cualitativa:

Tabla 11. Clasificación del ICA-NFS

Valor del	Excelente	Buena	Pobre	Muy pobre	No apta para consumo Humano
ICA	<50	50-100	100-200	200-300	>300

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Flujo hídrico del agua de pozos para consumo humano

4.1.1. Dirección de Flujo

La figura 5, presenta en resumen los datos de la tabla 12 obtenidas durante los 3 meses de evaluación. Apreciando que la dirección predominante del flujo tiende al oeste, observando que se dirige al río Huallaga. Consúltese el Anexo C para visualizar la dirección del flujo subterráneo, generado a partir de datos piezométricos y coordenadas UTM

Tabla 12. Dirección de Flujo de agua de los pozos en el caserío Shiringal

N°	Pozo	Enero		Febrero		Marzo		Promedio	
		Dirección	Grados	Dirección	Grados	Dirección	Grados	Dirección	Grados
1	SRGLP-01	W	270	W	270	W	270	W	270
2	SRGLP-02	SW	265	SW	260	SW	260	SW	262
3	SRGLP-03	NW	310	NW	310	NW	310	NW	310
4	SRGLP-04	NW	335	NW	330	NW	340	NW	335
5	SRGLP-05	NE	30	NE	25	NE	50	NE	35
6	SRGLP-06	SE	170	SE	175	SE	160	SE	168
7	SRGLP-07	SW	260	SE	170	SE	160	SW	197
8	SRGLP-08	NW	340	NW	340	NW	340	NW	340
9	SRGLP-09	NW	350	NW	350	NW	350	NW	350
10	SRGLP-10	SW	230	SW	240	SW	250	SW	240
11	SRGLP-11	SW	230	SW	230	SW	230	SW	230
12	SRGLP-12	W	270	W	270	W	270	W	270
13	SRGLP-13	NW	300	NW	300	NW	300	NW	300

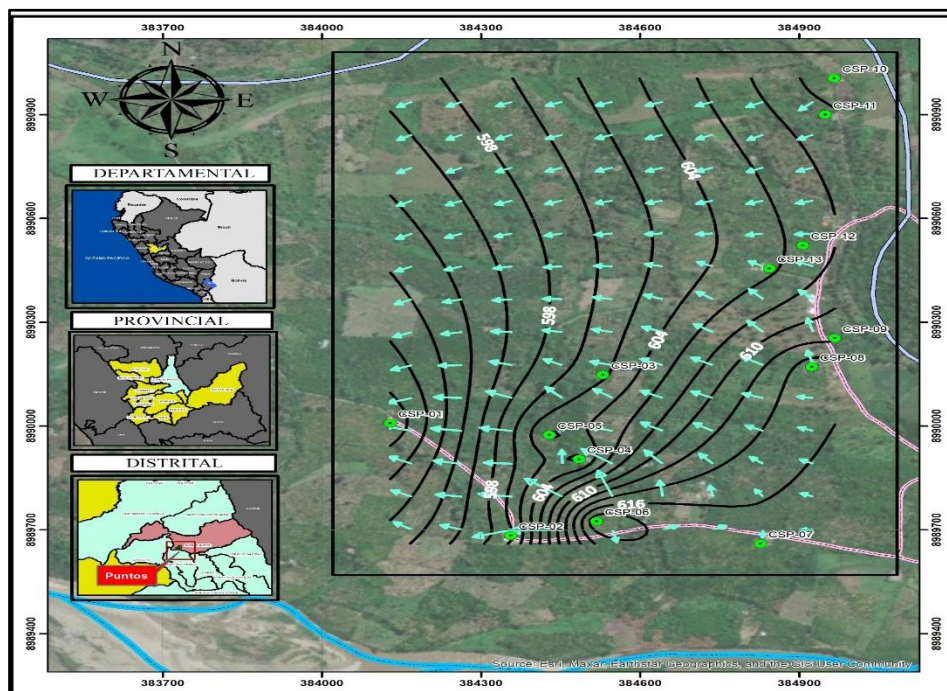


Figura 5. Orientación del flujo subterráneo

Como lo dice Ordoñez (2011) en su cartilla técnica "Agua subterránea – Acuíferos", el flujo hídrico subterráneo sigue patrones direccionales hacia cuerpos receptores como ríos o mares, determinado por la interacción entre la fuerza gravitacional y las propiedades hidrogeológicas del subsuelo. Estos principios concuerdan con los hallazgos del presente estudio, donde el mapa de flujo del Caserío Shiringal revela una clara tendencia de desplazamiento hacia el cauce del río Huallaga (figura 5), atribuyéndose a su posición topográfica inferior dentro del área analizada. Esta coincidencia valida el modelo conceptual de recarga-descarga descrita, donde los acuíferos drenan naturalmente hacia zonas de menor elevación.

4.1.2. Volumen de pozos

La figura 6 resume la capacidad media de producción por pozo durante el período evaluado (enero-marzo 2024), destacando una variabilidad significativa entre puntos de muestreo. El pozo SRGLP-01 registró los mayores volúmenes (1.88 m^3), mientras que el SRGLP-12 presentó los valores más bajos (0.66 m^3).

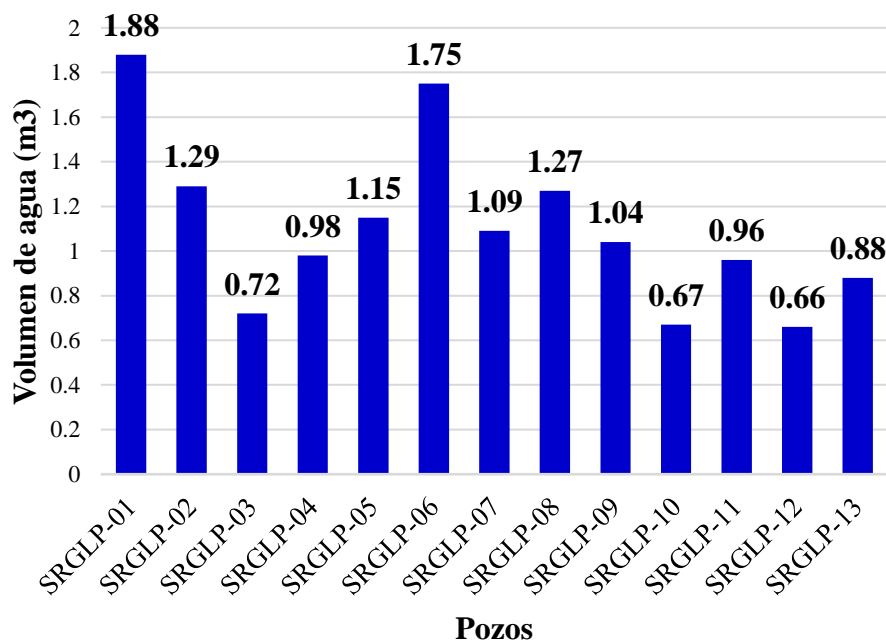


Figura 6. Volumen de agua promedio de cada pozo.

De acuerdo con Hansen y Simcox (1994) quienes analizan los rendimientos hidráulicos de pozos excavados en lecho rocoso dentro de la región de Massachusetts, mencionan que los pozos de gran diámetro y profundidad generan menor resistencia al flujo y una mayor área de captación y recarga de agua, estos hallazgos concuerdan

con los resultados reportados en nuestro estudio, ya que los pozos SRGLP-01 y SRGLP-06 capturan el mayor volumen de agua debido a sus mayores dimensiones en comparación con el resto de los pozos. Por otra parte, Sahuquillo (2009) aborda en su obra “La importancia de las aguas subterráneas” que la lluvia funciona como el proceso fundamental de recarga subterránea, y ayuda a que los cuerpos de agua superficiales ubicados inferiormente a la napa freática se benefician de estas aguas subterráneas, debido a que parte de ellas termina descargándose en estos cuerpos. Esto se confirma en la figura 5, donde se observa que el flujo hídrico se dirige hacia el río Huallaga, ubicado en la zona baja del terreno.

Para evaluar las diferencias en los volúmenes de agua entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados mostraron un valor de $p < 0.05$ (Tabla 22, Anexo A), indicando la presencia de diferencias estadísticamente significativas en los volúmenes medidos. Ante este hallazgo, se procedió a realizar una prueba de Duncan para identificar qué pares de pozos presentaban diferencias significativas en sus medias volumétricas.

Tabla 13. Prueba Duncan de volumen

Pozos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SRGLP-01	3	1.8833		
SRGLP-06	3	1.7500		
SRGLP-02	3		1.2900	
SRGLP-08	3		1.2733	
SRGLP-05	3		1.1533	1.1533
SRGLP-07	3		1.0833	1.0833
SRGLP-09	3		1.0433	1.0433
SRGLP-04	3		0.9867	0.9867
SRGLP-11	3		0.9567	0.9567
SRGLP-13	3		0.8800	0.8800
SRGLP-03	3			0.7233
SRGLP-10	3			0.6700
SRGLP-12	3			0.6667
Sig.		0.542	0.111	0.062

Se observa que se agruparon en la columna 1, los pozos, SRGLP-01 y SRGLP-06, además que en la columna 2 se agruparon los pozos SRGLP-02, SRGLP-08, SRGLP-05, SRGLP-07, SRGLP-09, SRGLP-04, SRGLP-11, SRGLP-13 y finalmente en la columna 3 se agruparon los pozos SRGLP-05 - SRGLP-13, SRGLP-10, SRGLP-12. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre los valores de cada columna, sin embargo, los

pozos de la columna 1 tiene diferencia significativa a los pozos de la columna 3. Las medias diferentes consisten entre los pozos SRGLP-01 y SRGLP-06 en comparación de los demás pozos porque presentan los volúmenes de agua más altos.

4.2. Parámetros fisicoquímicos del agua de pozos para consumo humano

4.2.1. Turbidez

La figura 7 presenta la variación temporal de turbidez en los pozos monitoreados del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que la Turbidez con el valor más alto se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-05 con 26.6 NTU, mientras que el valor más bajo de Turbidez se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-01 con 0.26 NTU. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de la turbidez promedio de la investigación que se observa en el anexo D

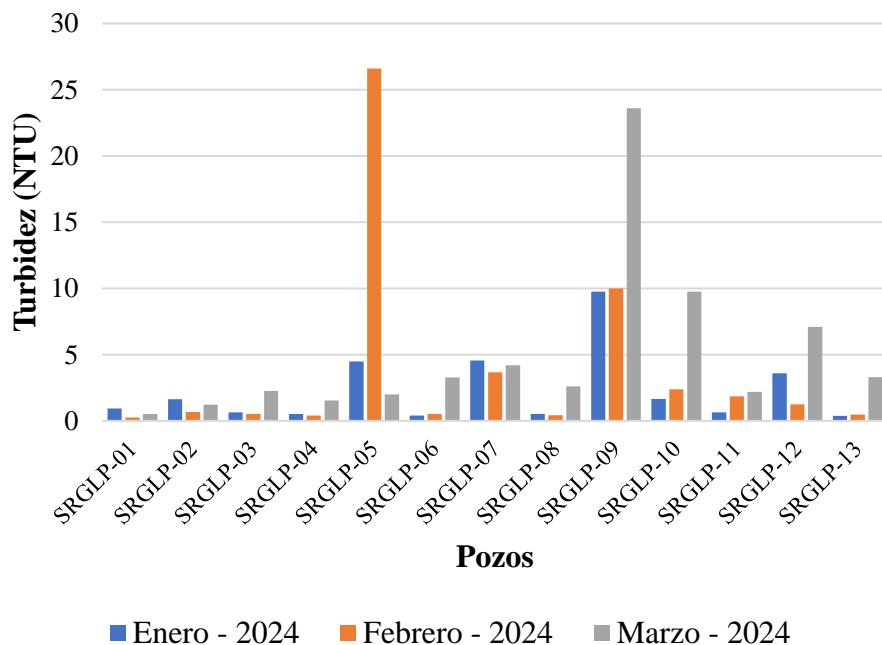


Figura 7. Turbidez en los pozos del Caserío de Shiringal.

Para evaluar las diferencias en los valores de turbidez entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p < 0.05$, lo que confirma diferencias estadísticamente significativas en este parámetro de calidad del agua. Para identificar específicamente entre qué pozos se presentaban estas discrepancias, se realizó una

prueba de Duncan, la cual permitió contrastar las medias de turbidez y agrupar los pozos según su similitud o variación.

Tabla 14. Prueba Duncan de turbidez

Pozos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SRGLP-09	3	14.4500		
SRGLP-05	3	11.0267	11.0267	
SRGLP-10	3		4.5967	4.5967
SRGLP-07	3		4.1400	4.1400
SRGLP-12	3		3.9833	3.9833
SRGLP-11	3			1.5633
SRGLP-06	3			1.4000
SRGLP-13	3			1.3833
SRGLP-08	3			1.1800
SRGLP-02	3			1.1700
SRGLP-03	3			1.1400
SRGLP-04	3			0.8200
SRGLP-01	3			0.5700
Sig.		0.378	0.102	0.374

Se observa que se agruparon en la columna 1, los pozos, SRGLP-09 y SRGLP-05, además que en la columna 2 se agruparon los pozos SRGLP-05, SRGLP-10, SRGLP-05, SRGLP-12 y finalmente en la columna 3 se agruparon los pozos SRGLP-10, SRGLP-07, SRGLP-12, SRGLP-11, SRGLP-06, SRGLP-13, SRGLP-08, SRGLP-02, SRGLP-03, SRGLP-04 y SRGLP-01. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre los valores de cada columna, sin embargo, los pozos de la columna 1 tiene diferencia significativa a los pozos de la columna 3. Las medias diferentes consisten entre los pozos SRGLP-09 y SRGLP-05 en comparación de los demás pozos porque presentan los valores de turbidez más altos.

De acuerdo con Aurazo (2004) en su manual de análisis de calidad de agua, la elevada turbidez consigue deberse a la existencia partículas insolubles de limo, partículas orgánicas, de arcilla y material mineral en el agua subterránea. Esta afirmación es respaldada por Correa (2012), quien realizó una evaluación comparativa de las características edáficas bajo distintos manejos agrícolas, determinó que la textura predominante en el sector Tulumayo, cercano a la zona de estudio, es franco-arcillo-limosa, lo que podría justificar la alta turbidez observada en algunos pozos del caserío Shiringal. Por otra parte, Taylor et al. (2013) examinaron los efectos del calentamiento global sobre los sistemas acuíferos, durante períodos de lluvias intensas, el agua superficial arrastra sedimentos hacia los acuíferos, incrementando

la turbidez. En este sentido, durante los meses de evaluación, se registraron altas precipitaciones, lo que sugiere su influencia en el aumento de la turbidez de las muestras acuíferas obtenidas de los puntos de captación estudiados.

4.2.2. Potencial de Hidrógeno (pH)

El gráfico en la figura 8 presenta la variación del parámetro pH en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que el pH con el valor más alto corresponde al mes de enero, perteneciente al pozo SRGLP-05 con 7.49, mientras que el valor más bajo de pH pertenece en el mes de febrero, en el pozo SRGLP-12 con 7.11. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de pH promedio de la investigación que se observa en el anexo D.



Figura 8. pH en los pozos del Caserío de Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de pH entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p > 0.05$, demostrando ausencia de variaciones estadísticamente significativas en los valores de pH entre los distintos puntos de muestreo evaluados durante el período de estudio. Dado este resultado, no se requirió aplicar una prueba de comparación múltiple (Duncan), lo que sugiere una homogeneidad química en el sistema acuífero del Caserío Shiringal en cuanto a este parámetro.

Estos resultados concuerdan con el estudio de Calsín (2016) realizado en pozos artesanales del sector Taparachi III (Puno), donde se registró un pH promedio de $7.39 \pm 0,08$ en aguas subterráneas, y los pozos tubulares de $7,28 \pm 0,12$, valores muy similares a los registrados en nuestra investigación. Rengifo (2014) investigó cómo las prácticas agrícolas contemporáneas afectan las propiedades del suelo en el Caserío el Milagro por lo que estos rangos de pH son característicos de suelos franco-arcillo-limosos, cuya baja permeabilidad dificulta la infiltración de químicos provenientes de fertilizantes y, por tanto, evitan las alteraciones significativas del pH en las aguas subterráneas.

4.2.3. Conductividad Eléctrica (CE)

La figura 9 presenta la variabilidad de la Conductividad Eléctrica (CE) en las fuentes de abastecimiento de agua subterránea del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que la CE con el valor máximo pertenece al mes de enero, perteneciente al pozo SRGLP-02 con $823 \mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el valor mínimo de CE se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-05 con $303 \mu\text{S}/\text{cm}$. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de Conductividad Eléctrica promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

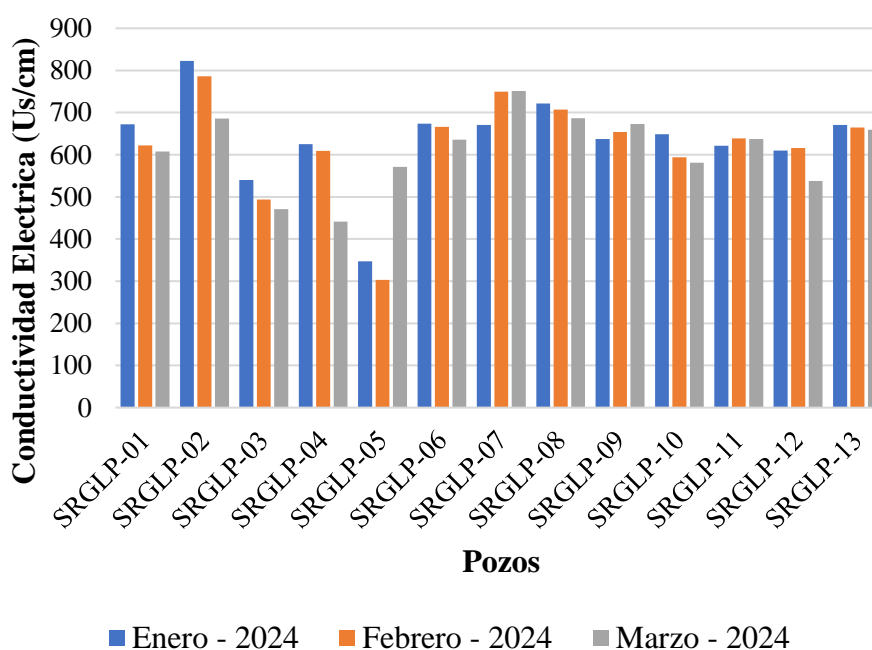


Figura 9. Conductividad Eléctrica en los pozos del Caserío Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de conductividad entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p < 0.05$, lo

que confirma diferencias estadísticamente significativas en este parámetro de calidad del agua. Para identificar específicamente entre qué pozos se presentaban estas discrepancias, se llevó a cabo la prueba de Duncan, la cual permitió contrastar las medias de conductividad y agrupar los pozos según su similitud o variación.

Tabla 15. Prueba Duncan de Conductividad Eléctrica

Pozos	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
SRGLP-02	3	765.00					
SRGLP-07	3	724.00	724.00				
SRGLP-08	3	705.33	705.33	705.33			
SRGLP-13	3	665.00	665.00	665.00	665.00		
SRGLP-06	3	658.67	658.67	658.67	658.67		
SRGLP-09	3	654.67	654.67	654.67	654.67		
SRGLP-01	3		634.00	634.00	634.00		
SRGLP-11	3		632.33	632.33	632.33		
SRGLP-10	3			608.00	608.00	608.00	
SRGLP-12	3				588.00	588.00	
SRGLP-04	3				558.33	558.33	
SRGLP-03	3					501.67	501.67
SRGLP-05	3						407.00
Sig.		0.051	0.107	0.087	0.064	0.051	0.059

Se observa que se agruparon en la columna 1, los pozos, SRGLP-02, SRGLP-07, SRGLP-08, SRGLP-13, SRGLP-06, SRGLP-09, además que en la columna 2 se agruparon los pozos SRGLP-07 - SRGLP-06, SRGLP-09, SRGLP-01, SRGLP-11, en la columna 3 se tiene los pozos SRGLP-08 - SRGLP-11, SRGLP-10, en la columna 4 están presentes los pozos SRGLP-13 - SRGLP-10, SRGLP-12, SRGLP-04, en la columna 5 se observa los pozos SRGLP-10, SRGLP-12, SRGLP-04, SRGLP-03 y finalmente en la columna 6 se agruparon los pozos , SRGLP-03 y SRGLP-05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre los valores de cada columna, sin embargo, los pozos de la columna 1 tiene diferencia significativa a los pozos de la columna 5 y 6. Las medias diferentes consisten entre los pozos SRGLP-02, SRGLP-07, SRGLP-08, SRGLP-13, SRGLP-06 y SRGLP-09 en comparación con los pozos de la columna 6 porque presentan los valores extremos (máximo y mínimo) de Conductividad Eléctrica respectivamente.

En comparación con nuestros resultados, Leon (2024) en su investigación de aguas subterráneas reportó conductividades eléctricas mucho más bajas: 367

$\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto de control San Marcos y $247 \mu\text{S}/\text{cm}$ en Manchicura. En cambio, para nuestro estudio, el pozo SRGLP-02 alcanzó un tope superior de $765 \mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que SRGLP-05 registró el mínimo, $407 \mu\text{S}/\text{cm}$. Mancilla et al. (2021) evaluaron la aptitud de recursos hídricos para actividades agropecuarias en Zacoalco de Torres atribuyendo este aumento a la actividad agrícola, dado que los fertilizantes introducen elevadas concentraciones de sales que pueden infiltrarse hasta los acuíferos. Sin embargo, Espinosa (2022) estableció correlaciones entre la conductividad eléctrica aparente y las propiedades físicas del suelo, demostrando que la textura del suelo también influye: los suelos arcillo-limosos del Caserío Shiringal moderan eficazmente el incremento de la conductividad eléctrica en las aguas subterráneas ($407\text{-}765 \mu\text{S}/\text{cm}$) gracias a su alta CIC le permite fijar selectivamente iones, combinado con su baja permeabilidad que limita la lixiviación de sales hacia el acuífero; este doble mecanismo explica por qué, a pesar de la presencia potencial de fuentes salinas como fertilizantes agrícolas, las mediciones obtenidas se mantienen significativamente inferiores.

4.2.4. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

La figura 10 presenta la variabilidad de SDT en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que los SDT con el valor máximo se encuentra en el mes de enero, perteneciente al pozo SRGLP-02 con $412 \text{ mg}/\text{L}$, mientras que el valor más bajo de SDT se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-05 con $152 \text{ mg}/\text{L}$. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de la Sólidos Disueltos Totales promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

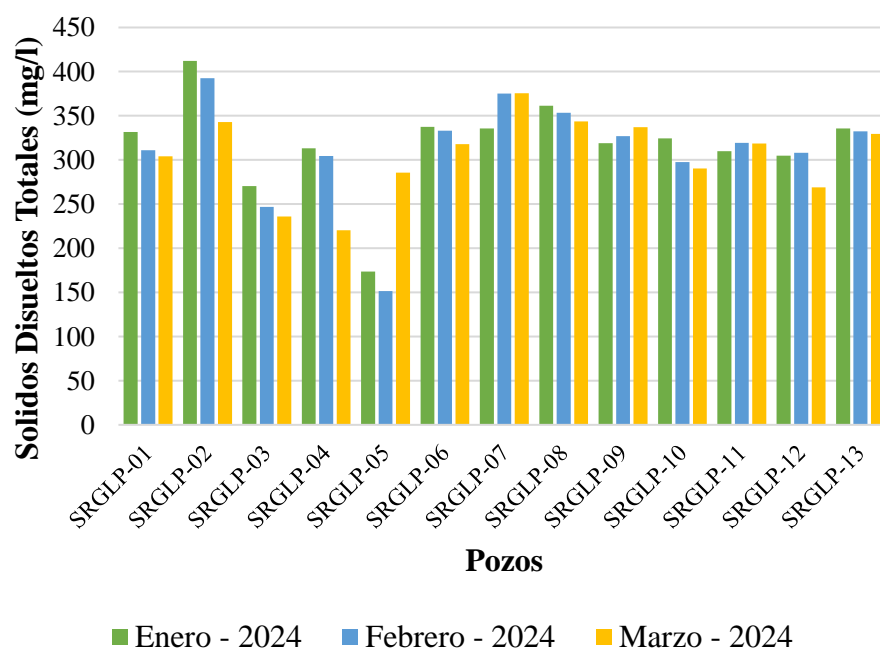


Figura 10. Sólidos Disueltos Totales en los pozos del Caserío de Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de SDT entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p < 0.05$, lo que confirma diferencias estadísticamente significativas en este parámetro de calidad del agua. Para identificar específicamente entre qué pozos se presentaban estas discrepancias, se realizó una prueba de Duncan, la cual permitió contrastar las medias de SDT y agrupar los pozos según su similitud o variación.

Tabla 16. Prueba Duncan de Sólidos Disueltos Totales

Pozos	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
SRGLP-02	3	382.67					
SRGLP-07	3	362.33	362.33				
SRGLP-08	3	353.33	353.33	353.33			
SRGLP-13	3	333.00	333.00	333.00	333.00		
SRGLP-06	3	329.67	329.67	329.67	329.67		
SRGLP-09	3	327.67	327.67	327.67	327.67		
SRGLP-11	3		316.33	316.33	316.33		
SRGLP-01	3		315.67	315.67	315.67		
SRGLP-10	3			304.67	304.67		
SRGLP-12	3				294.00	294.00	
SRGLP-04	3				279.67	279.67	
SRGLP-03	3					251.33	251.33
SRGLP-05	3						204.00
Sig.		0.051	0.100	0.087	0.064	0.103	0.059

Se observa que se agruparon en la columna 1, los pozos, SRGLP-02, SRGLP-07, SRGLP-08, SRGLP-13, SRGLP-06, SRGLP-09, además que en la columna 2 se agruparon los pozos, SRGLP-07 - SRGLP-09, SRGLP-11, SRGLP-01, en la columna 3 se tiene los pozos SRGLP-08 - SRGLP-01, SRGLP-10, en la columna 4 están presentes los pozos SRGLP-13 - SRGLP-10, SRGLP-12, SRGLP-04, en la columna 5 se observa los pozos SRGLP-12, SRGLP-04, SRGLP-03 y finalmente en la columna 6 se agruparon los pozos ,SRGLP-03 y SRGLP-05. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre los valores de cada columna, sin embargo, los pozos de la columna 1 y 2 tiene diferencia significativa a los pozos de la columna 5 y 6. Las medias diferentes consisten entre los pozos SRGLP-02, SRGLP-07, SRGLP-08, SRGLP-13, SRGLP-06, SRGLP-09 en comparación con los pozos de la columna 5 y 6 porque presentan los valores extremos (máximo y mínimo) de SDT en cada caso.

La relación entre la profundidad de los pozos y la concentración de SDT ha sido documentada por Vergara (2014), analizó procesos geoquímicos en sistemas acuíferos

en el proyecto Sierra Gorda mencionando que en acuíferos profundos el prolongado contacto con formaciones rocosas incrementa la disolución de minerales. Este fenómeno contrasta con los resultados obtenidos en el Caserío Shiringal, donde la escasa profundidad de los pozos sumada a la textura franco-arcillo-limosa identificada por Correa (2012) explica los valores moderados de SDT registrados. La composición del suelo en esta zona actúa como regulador natural, ya que su estructura limo-arcillosa reduce la percolación rápida de aguas superficiales cargadas de solutos, un mecanismo opuesto al descrito por Prato et al. (2020) quienes realizaron una caracterización exhaustiva de acuíferos rurales en los Andes venezolanos para suelos franco-arcillo-arenosos, donde la mayor permeabilidad facilita la migración vertical de contaminantes. Esta dualidad resalta la importancia de las características litológicas locales en el caserío de Shiringal como factor determinante en la geoquímica del agua subterránea.

4.2.5. Sulfatos

La figura 11 presenta la variación de Sulfatos en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que los sulfatos con el valor más alto se encuentran en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-07 con 37 mg/L SO_4 , mientras que los valores mínimos de sulfato se sitúan en el mes de marzo, perteneciente a los pozos SRGLP-03, SRGLP-05, SRGLP-08, SRGLP-09, SRGLP-10 y SRGLP-11 con 1 mg/L SO_4 . Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de Sulfato promedio de la investigación que se observa en el anexo D

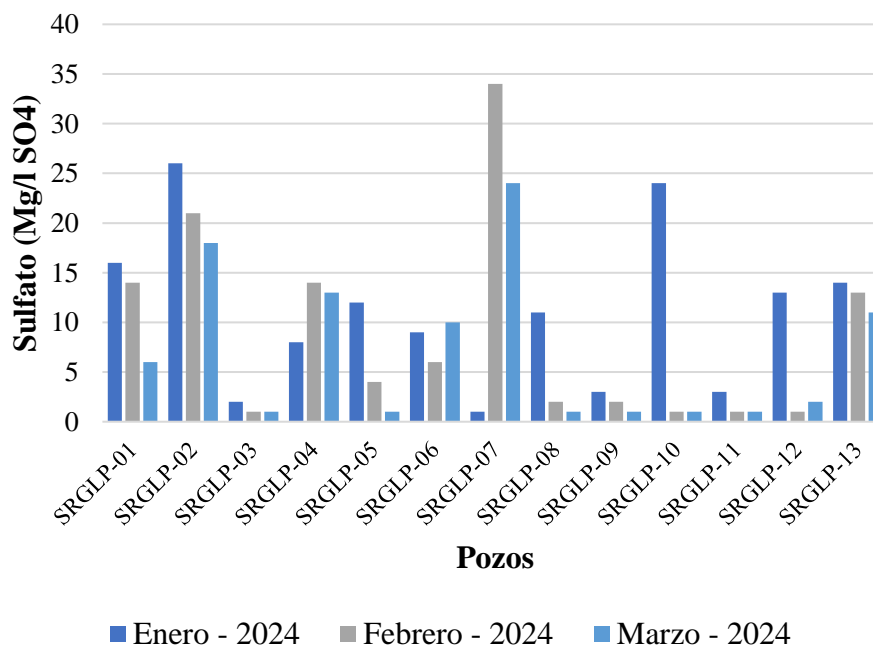


Figura 11. Sulfato en los pozos del Caserío de Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de Sulfato entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p < 0.05$, lo que confirma diferencias estadísticamente significativas en este parámetro de calidad del agua. Para identificar específicamente entre qué pozos se presentaban estas discrepancias, se realizó una prueba de Duncan, la cual permitió contrastar las medias de Sulfato y agrupar los pozos según su similitud o variación.

Tabla 17. Prueba Duncan de Sulfato.

Pozos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SRGLP-02	3	21.67		
SRGLP-07	3	19.67	19.67	
SRGLP-13	3	12.67	12.67	12.67
SRGLP-01	3	12.00	12.00	12.00
SRGLP-04	3	11.67	11.67	11.67
SRGLP-10	3	8.67	8.67	8.67
SRGLP-06	3		8.33	8.33
SRGLP-05	3			5.67
SRGLP-12	3			5.33
SRGLP-08	3			4.67
SRGLP-09	3			2.00
SRGLP-11	3			1.67
SRGLP-03	3			1.33
Sig.		0.05	0.09	0.10

Se observa que se agruparon en la columna 1, los pozos, SRGLP-02, SRGLP-07, SRGLP-13, SRGLP-01, SRGLP-04, SRGLP-10, además que en la columna 2 se agruparon los pozos SRGLP-07, SRGLP-13, SRGLP-01, SRGLP-04, SRGLP-10, SRGLP-06 y finalmente en la columna 3 se agruparon los pozos SRGLP-13, SRGLP-01, SRGLP-04, SRGLP-10, SRGLP-06, SRGLP-05, SRGLP-12, SRGLP-08, SRGLP-09, SRGLP-11 y SRGLP-03. Por lo tanto, no existe diferencia significativa entre los valores de cada columna, sin embargo, los pozos SRGLP-02, SRGLP-13, SRGLP-01, SRGLP-04 y CSP 10 de la columna 1 tiene diferencia significativa a los pozos de la columna 3. Las medias diferentes consisten entre los dos últimos pozos porque presentan los valores de sulfato más altos.

Los resultados obtenidos evidencian niveles significativamente inferiores a los reportados por Calsín (2016) sobre calidad de aguas subterráneas, donde se registraron valores entre 324.00 ± 35.74 mg/L y 226.18 ± 34.16 mg/L. Valderrama et al. (2010) determinaron indicadores críticos de calidad hídrica en Cuautla Yautepec, señalando que

niveles elevados de sulfato en el agua pueden generar trastornos gastrointestinales, ya que exceden la capacidad de absorción intestinal. Por otro lado, Severiche y González (2012) desarrollaron una metodología analítica mejorada de sulfatos, marcando que las variaciones en sulfatos en aguas subterráneas se deben al contacto prolongado con rocas y suelos ricos en minerales sulfatados. No obstante, nuestros resultados que revelan una baja concentración de sulfatos sugieren una limitada interacción con estos minerales, posiblemente por la escasa profundidad de los pozos analizados. Adicionalmente, la textura franco-arcillosa-limosa del suelo podría actuar como barrera, reduciendo la lixiviación de minerales hacia el acuífero.

4.2.6. Nitratos

Como se evidencia en la figura 12, se observa la variabilidad de Nitratos en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que los nitratos con el valor más alto se encuentra en el mes de marzo, perteneciente al pozo SRGLP-11 con 7.1 mg/L NO_3 , mientras que el valor más bajo de Nitrato se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-10 con 0.2 mg/L NO_3 . Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de Nitrato promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

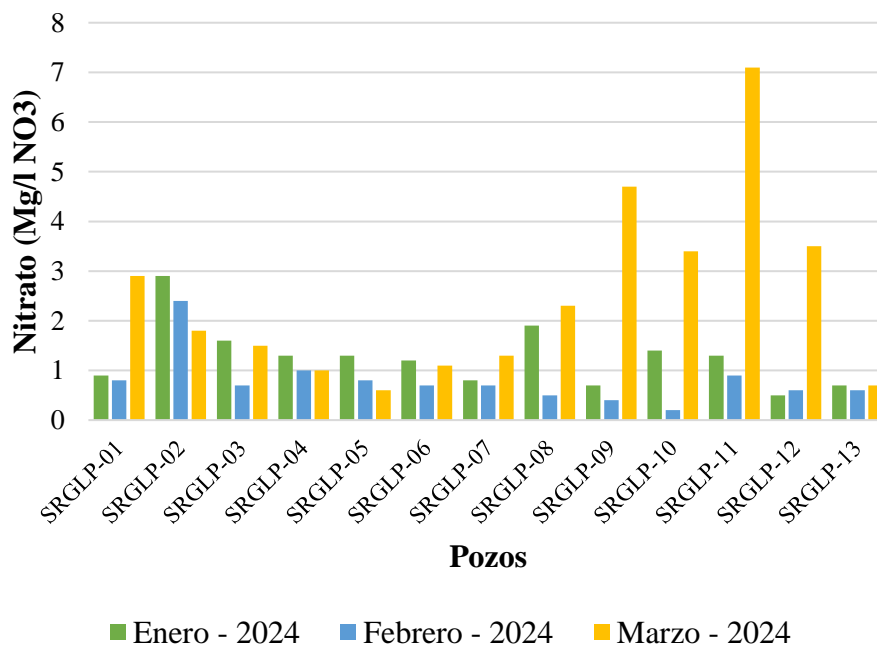


Figura 12. Nitrato en los pozos del Caserío de Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de Nitrato entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p > 0.05$, demostrando ausencia de variaciones estadísticamente significativas en el Nitrato del agua entre los puntos muestreados durante el período de estudio. Dado este resultado, no se requirió aplicar una prueba de comparación múltiple (Duncan), lo que sugiere una homogeneidad química en el sistema acuífero del Caserío Shiringal en cuanto a este parámetro.

Las concentraciones registradas en este parámetro resultaron inferiores a las documentadas por Sandoval E. (2021) en su evaluación de pozos del centro poblado de Moro (Puno), donde hubo un reporte de una concentración media de 37.45 mg/L. No obstante, nuestros datos coinciden con los rangos observados por Robles et al. (2013) y Pérez et al. (2017) en aguas subterráneas de México: 0.04–3.17 mg/L en un estudio en el estado de Hidalgo y 0.81–2.20 mg/L en el acuífero Tepalcingo ubicado en Axochiapan. Muñoz et al. (2004) identificaron fuentes de contaminación nitrogenada Valle de Huamantla, por lo que atribuyen la reducción de nitratos en acuíferos a dos factores clave: la dilución por lluvias y el impacto de la agricultura intensiva. Sin embargo, en nuestro caso, la baja permeabilidad del suelo que limita la retención de minerales y nutrientes, junto con la escasa profundidad de los pozos, explicarían la ausencia de concentraciones elevadas.

4.2.7. Dureza Total

La figura 13 presenta la distribución de Dureza Total en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que la Dureza con el valor más alto se encuentra en el mes de marzo, perteneciente al pozo SRGLP-05 con 393 mg/L CaCO_3 , mientras que el valor más bajo de Dureza se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-06 con 126 mg/L CaCO_3 . Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de Dureza Total promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

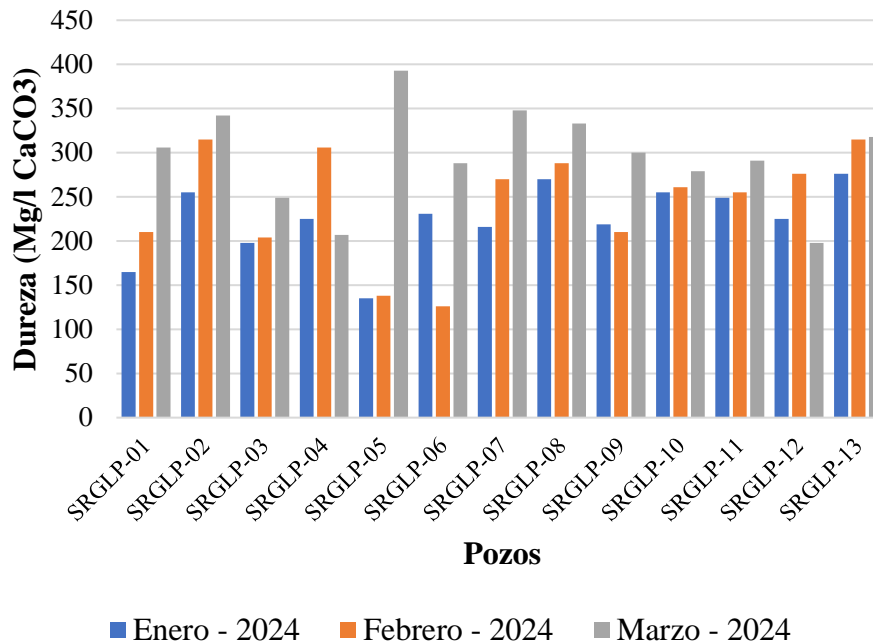


Figura 13. Dureza en los pozos del Caserío de Shiringal

Para evaluar las diferencias en los valores de Dureza entre pozos, se aplicó el ANOVA. Los resultados (Tabla 22, Anexo A) revelaron un valor de $p > 0.05$, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas en el Dureza del agua entre los puntos muestreados durante el período de estudio. Dado este resultado, no se requirió aplicar una prueba de comparación múltiple (Duncan), lo que sugiere una homogeneidad química en el sistema acuífero del Caserío Shiringal en cuanto a este parámetro.

Los resultados de este estudio muestran concentraciones más bajas que las reportadas por Valenzuela y Yucra (2022) en su análisis de aguas del parque industrial Taparachi (Puno), donde se registró un valor de 573 mg/L para este parámetro. Sin embargo, nuestros datos son consistentes con los hallazgos de Ramos (2019), quien obtuvo un promedio de 210.16 ± 89.04 mg/L para el mismo indicador. Como señalan García y Castro (2018) en su estudio del comportamiento catiónico en las aguas subterráneas de la provincia Cienfuegos, el grado de dureza del agua está directamente relacionado con la cantidad de calcio y magnesio disueltos. Esta observación concuerda con el estudio de Correa (2012) sobre los suelos del sector Tulumayo, cuya textura franco-arcilloso-limosa posee una notable capacidad para retener nutrientes. Las propiedades del suelo en el área justifican la limitada presencia de dureza total en los pozos.

4.3. Parámetros microbiológicos (Coliformes totales Bacterias Heterotróficas y *Escherichia Coli*) del agua de pozos para consumo humano

4.3.1. Bacterias Coliformes Totales

Como se evidencia en la figura 14, se observa la variabilidad en los conteos de Coliformes Totales en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que los Coliformes Totales con el valor más alto se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-05 con 117 NMP/100 ml, mientras que las concentraciones mínimas de Coliformes Totales ocurren durante los meses de enero y marzo, en todos los pozos con 0 NMP/100 ml. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de Coliformes Totales promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

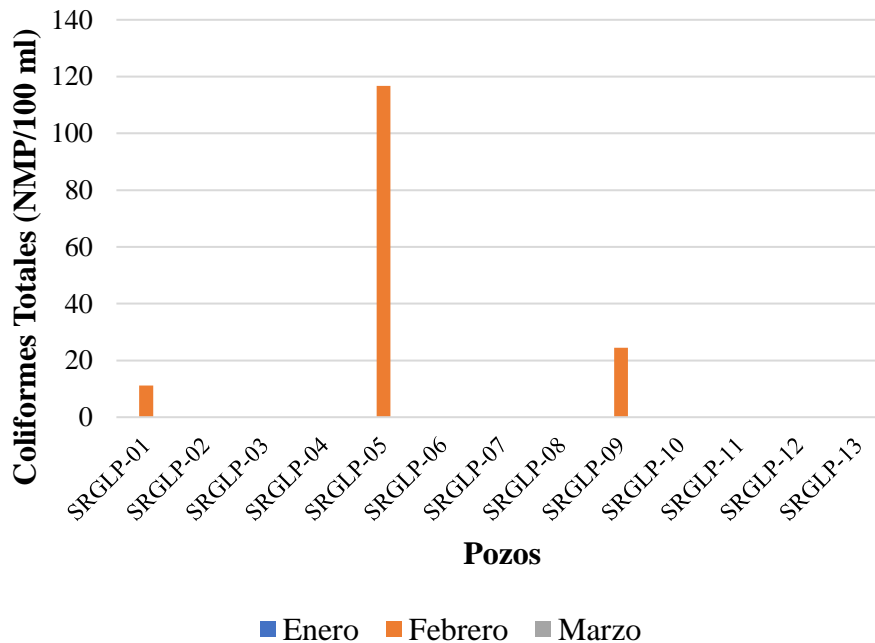


Figura 14. Coliformes Totales en los pozos del Caserío de Shiringal

Los resultados de nuestro estudio muestran concentraciones notablemente inferiores de coliformes totales en comparación con los reportados por Ayllón (2022) para pozos cercanos a plantas de tratamiento en Juliaca ($11,000 \pm 95.56$ NMP/100 ml), diferencia que podría explicarse por la combinación de: el efecto filtrante de los suelos franco-arcilloso-limosos de Shiringal, que limitan la migración vertical de microorganismos (FAO, 2019); la menor intensidad de actividades agropecuarias identificadas por Cantero et al. (2021) quienes determinaron coliformes en aguas subterráneas de Cuba, como fuentes principales de contaminación microbiológica en comparación con zonas urbanas; y posibles efectos de

dilución durante la época lluviosa de muestreo (Freeze & Cherry, 1979). Si bien factores de riesgo como la profundidad reducida de los pozos (1.5 m) además la poca existencia de sistemas de protección dicha por Gutiérrez et al., (2023) en su estudio de Calidad bacteriológica en Virú, están presentes en el área, las concentraciones relativamente bajas observadas sugieren que la carga orgánica introducida por actividades antropogénicas en Shiringal no alcanza los niveles reportados en otros contextos rurales con mayor presión antrópica.

4.3.2. Bacterias Heterotróficas

La figura 15 presenta la variación de Bacterias Heterotróficas en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que las Bacterias Heterotróficas con el valor más alto se encuentra en el mes de febrero, perteneciente al pozo SRGLP-07 con 1420 UFC/ml, mientras que las concentraciones más bajas de Bacterias Heterotróficas se sitúan en el mes de enero, pertenecientes a los pozos SRGLP-02, SRGLP-05 y SRGLP-08 con 4 UFC/ml. Esto se puede corroborar en el mapa de dispersión de bacterias heterotróficas promedio de la investigación que se observa en el anexo D.

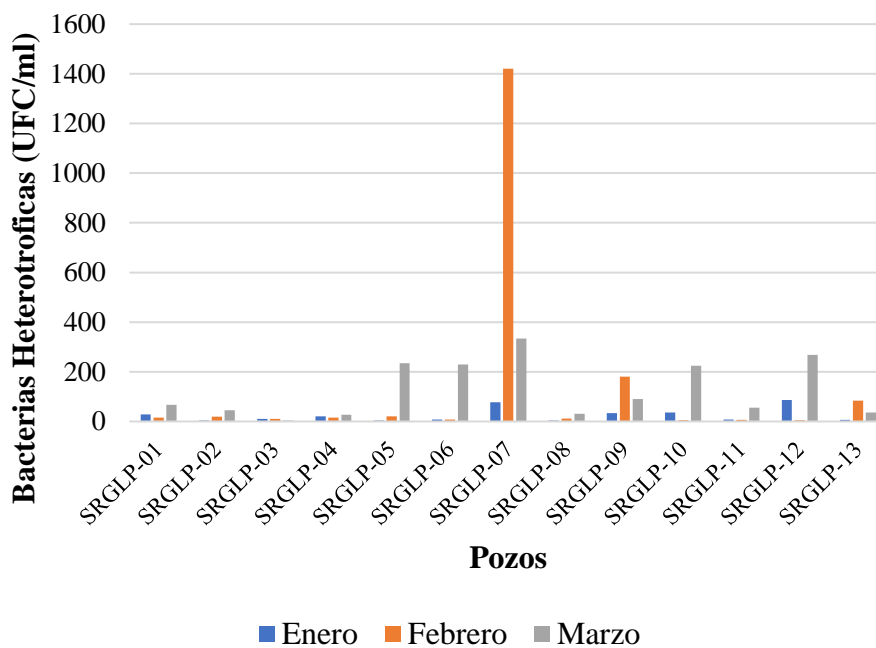


Figura 15. Bacterias Heterotróficas en los pozos del Caserío de Shiringal

Algunos valores de los pozos analizados son relativamente altos comparados a los de Ayllon, D. (2022) quien reporto valores promedio de 509.6 UFC/100 ml en sus análisis concluyendo, también menciona que consumir aguas con altas concentraciones

de bacterias heterotróficas pueden generar problemas intestinales y diarreas crónicas, en el caos de nuestra investigación el punto SRGLP-07 obtuvo una alta concentración de bacterias heterotróficas comparado con el resto de los puntos analizados, al menos para este parámetro, Gutiérrez et al. (2023) menciona que los pozos que son libres (tajo abierto), además los que poseen menor profundidad son propensos a presentar contaminación por bacterias heterotróficas debido a que las corrientes de aire pueden arrastrar las bacterias de las zonas agrícolas y ganadera hacia los pozos.

4.3.3. Bacteria *Escherichia Coli*

La figura 16 presenta la variación de *Escherichia Coli* en los pozos del Caserío Shiringal durante el primer trimestre de 2024 (enero-marzo). Se observa que, en los tres meses, no hubo presencia alguna de Bacterias *Escherichia Coli* con ninguna de las repeticiones de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml de la muestra.

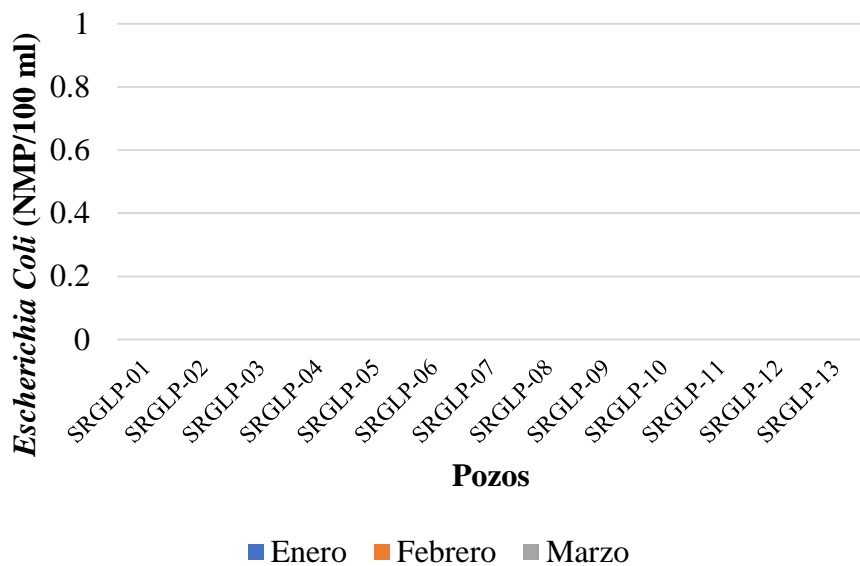


Figura 16. *Escherichia Coli* en los pozos del Caserío de Shiringal

A diferencia de lo reportado por Griffith et al., (2003) quienes asocian *E. coli* en aguas subterráneas exclusivamente con contaminación antropogénica movilizada por precipitaciones, mediante arrastre por escorrentía durante eventos lluviosos, en nuestro estudio no se detectó *E. coli* en los pozos analizados del Caserío Shiringal. Este hallazgo sugiere que: las posibles fuentes de contaminación fecal (excretas animales o humanas) se encuentran suficientemente alejadas o aisladas del acuífero; las características del suelo franco-arcilloso-limoso (baja permeabilidad y alta capacidad de retención microbiana) están actuando como

barrera efectiva contra la migración vertical de patógenos; y/o los sistemas de disposición de excretas en la zona (letrinas, corrales) cumplen con distancias mínimas de protección hidrogeológica. La ausencia de *E. coli* resulta particularmente relevante considerando que el muestreo se realizó en época lluviosa (periodo de mayor riesgo según Griffith et al.), lo que refuerza la hipótesis de prácticas tradicionales de gestión de desechos orgánicos y la geología del subsuelo están protegiendo adecuadamente el recurso hídrico subterráneo de contaminación fecal en esta comunidad rural.

4.4. Cumplimiento normativo de la calidad del agua de pozos para consumo humano

Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados en los pozos del Caserío Shiringal mostraron variabilidad en sus concentraciones. Para homogenizar los datos, se calculó el promedio de las tres repeticiones muestrales por parámetro, la cual fue contrastada con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el D.S. N°031-2010-SA.

4.4.1. Parámetros Fisicoquímicos

Tabla 18. Comparación de los parámetros fisicoquímicos con los LMP del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Item	Pozos	Parámetros							Cumplimiento
		Turbidez	pH	Conductividad (25°C)	Sólidos Disueltos Totales	Sulfato	Nitrato	Dureza Total	
		NTU	Valor de pH	µmho/cm	mg/l	mg SO ₄ =L-1	mg NO ₃ L-1	mg CaCO ₃ L-1	
	LMP	5	6.5 8.5	1500	1000	250	50	500	
1	SRGLP-01	0.57	7.08	634	316	12	1.5	227	Si cumplió
2	SRGLP-02	1.17	6.96	765	383	22	2.4	304	Si cumplió
3	SRGLP-03	1.14	7.25	502	251	1	1.3	217	Si cumplió
4	SRGLP-04	0.82	7.17	558	279	12	1.1	246	Si cumplió
5	SRGLP-05	11.03	7.34	407	204	6	0.9	222	No cumplió
6	SRGLP-06	1.4	7.11	659	330	8	1	215	Si cumplió
7	SRGLP-07	4.14	7.1	724	362	20	0.9	278	Si cumplió
8	SRGLP-08	1.18	7.01	705	353	5	1.6	297	Si cumplió
9	SRGLP-09	14.45	7.08	655	328	2	1.9	243	No cumplió
10	SRGLP-10	4.6	7.17	608	304	9	1.7	265	Si cumplió
11	SRGLP-11	1.56	7.17	632	316	2	3.1	265	Si cumplió
12	SRGLP-12	3.98	7.27	588	294	5	1.5	233	Si cumplió
13	SRGLP-13	1.38	7.14	665	333	13	0.7	303	Si cumplió

Los datos en la Tabla 18 demuestran que las mediciones fisicoquímicas realizadas en los pozos del Caserío Shiringal no superan los límites establecidos en la normativa peruana (D.S. N°031-2010-SA) para agua potable.

De acuerdo con los resultados, la turbidez emerge como el único parámetro que excede sistemáticamente los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, tal como se visualiza en la Figura 17.

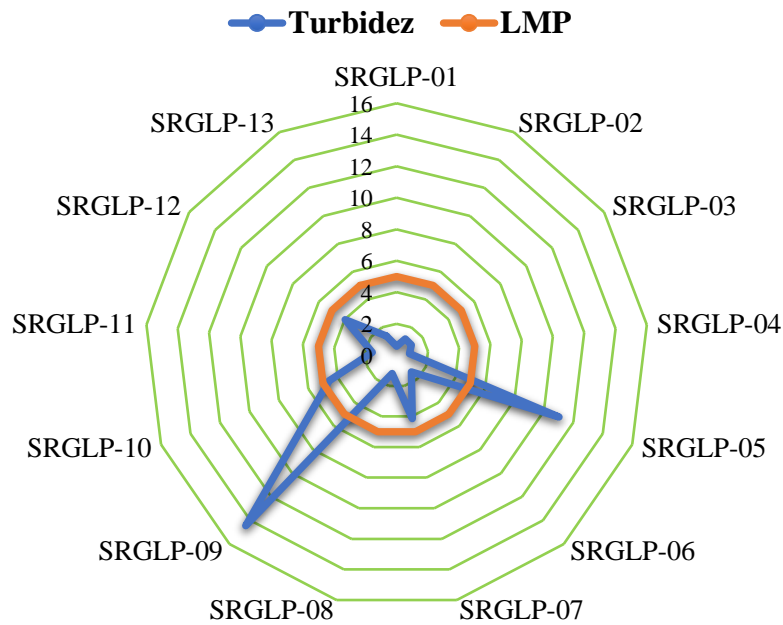


Figura 17. Turbidez de los pozos comparada con su Límite Máximo Permissible

Nuestros resultados, donde únicamente la turbidez superó los LMP del D.S. N°031-2010-SA, muestran concordancia parcial con estudios previos en acuíferos rurales: mientras Sandoval (2021) reportó solo conductividad eléctrica como parámetro excedente en la sierra central (asociado a suelos salinos), y Calsín (2016) no identificó incumplimientos en Puno nuestros hallazgos coinciden mejor con Ayllón (2022), quien documentó excedencias en turbidez y sólidos totales disueltos en zonas agrícolas, evidenciando cómo las condiciones locales como la composición geológica (suelos arcillo-limosos) que favorecen la turbidez pero limitan lixiviación de sales, según Romero et al., (2023) y las actividades antrópicas como el arrastre de partículas en cultivos durante lluvias, como analizó Paz et al., (2022) determinan contaminación por turbidez en algunos pozos del caserío de Shiringal.

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que el único parámetro fisicoquímico que supera los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM) para agua de consumo humano es la turbidez. Este parámetro presentó valores elevados principalmente en los pozos SGRLP-05 y SGRLP-09.

En el pozo SRGLP-05, se observó que su ubicación junto a una zanja con agua estancada constituye un factor determinante en la elevada turbidez. El agua retenida en dicha zanja transporta sedimentos finos y materia orgánica, los cuales, al infiltrarse en el subsuelo, pueden llegar al acuífero además que la falta de mantenimiento genera un deterioro progresivo de la calidad del agua. La ausencia de un programa de limpieza o purga del pozo puede causar acumulación de sedimentos y biofilm, lo cual incrementa la turbidez y reduce la eficiencia hidráulica.

En cuanto al pozo SRGLP-09, si bien la zanja cercana es de menor magnitud, la presencia de una quebrada adyacente representa un posible foco de infiltración adicional. Durante periodos de lluvias intensas, es común que las quebradas generen movimientos de suelo, incrementando la carga de sedimentos y el nivel freático local. De acuerdo con Rojas et al. (2022), en ambientes amazónicos como la región Amazonas, los procesos de escorrentía superficial, erosión y sedimentación provocan aumentos temporales de turbidez en las fuentes de agua subterránea, especialmente cuando las obras de captación carecen de estructuras de protección.

A los factores naturales se suman los factores antrópicos, entre los que destaca la falta de mantenimiento periódico de los pozos. Se evidenció que las estructuras carecen de un sellado adecuado lo que facilita la entrada de agua de escorrentía superficial y sedimentos. Según Ayllón Mollisaca et al. (2020), la ausencia de mantenimiento y de medidas de protección física en pozos rurales favorece la acumulación de sólidos suspendidos y el aumento estacional de la turbidez, aun en condiciones climáticas distintas.

4.4.2. Parámetros Microbiológicos

Tabla 19. Comparación de los parámetros microbiológicos con los LMP del Decreto Supremo N°031-210-S. A

Ítem	Pozos	Parámetros			Cumplimiento
		Coliformes Totales	Bacterias Heterotróficas	<i>Escherichia Coli</i>	
		NMP/100 ml	UFC/ml	NMP/ml	
LMP	1.8	500	1.8		
1	SRGLP-01	7	37	0	No cumplió
2	SRGLP-02	0	23	0	Si cumplió
3	SRGLP-03	0	8	0	Si cumplió
4	SRGLP-04	0	21	0	Si cumplió
5	SRGLP-05	70	86	0	No cumplió
6	SRGLP-06	0	82	0	Si cumplió
7	SRGLP-07	0	610	0	No cumplió
8	SRGLP-08	0	16	0	Si cumplió
9	SRGLP-09	15	101	0	No cumplió
10	SRGLP-10	0	88	0	Si cumplió
11	SRGLP-11	0	24	0	Si cumplió
12	SRGLP-12	0	120	0	Si cumplió
13	SRGLP-13	0	42	0	Si cumplió

Los análisis microbiológicos (tabla 19) muestran incumplimientos recurrentes de los LMP (D.S. N° 031-2010-SA) en coliformes totales y bacterias heterotróficas, contrastando con los valores de E. coli que sí cumplen la normativa de agua potable.

Los datos obtenidos del estudio identificaron que únicamente dos parámetros microbiológicos exceden los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 031-2010-SA: Bacterias Coliformes Totales (figura 18) y Bacterias Heterotróficas (HPC) (figura 19).

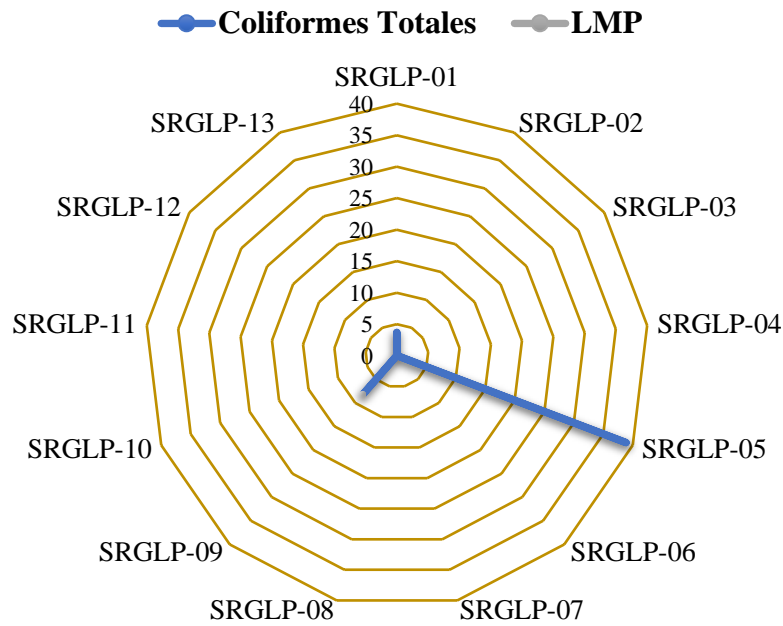


Figura 18. Bacterias Coliformes Totales de los pozos comparada con su Límite Máximo Permissible.

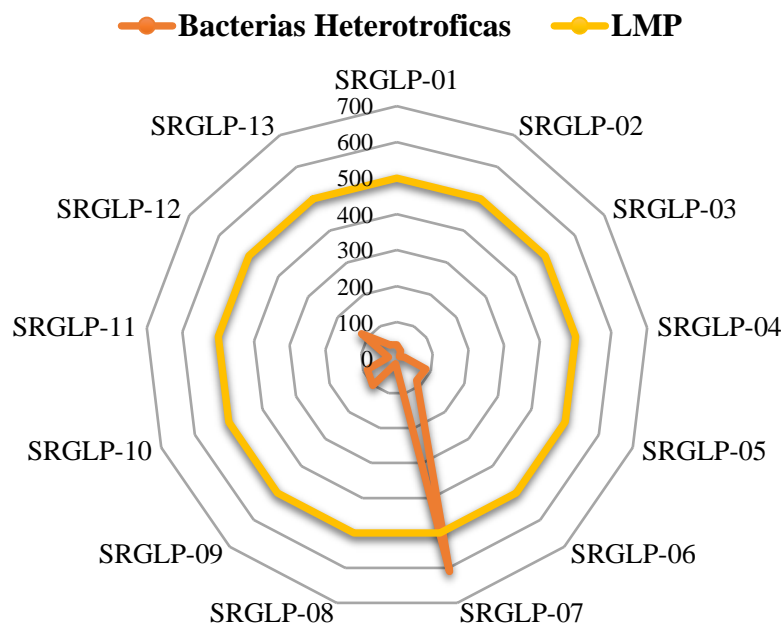


Figura 19. Bacterias Heterotróficas de los pozos comparada con su Límite Máximo Permissible

Nuestros resultados en Shiringal, que identificaron coliformes totales y bacterias heterotróficas (HPC) sobre los LMP, pero ausencia de *E. coli* contrastan con los hallazgos de Mamani (2025) en Puno (ausencia total de coliformes) y se alinean parcialmente con Sandoval (2021) (coliformes totales a 109 UFC/100 ml sin contaminación fecal), mientras

que divergen de Calsín (2016) quien reportó contaminación fecal en Puno (coliformes fecales sobre LMP). Estas diferencias subrayan la influencia crítica de factores locales: los suelos franco-arcillosos de Shiringal descritos por Romero et al. (2023) filtran bacterias fecales, pero permiten el paso de coliformes ambientales desde fuentes orgánicas cercanas (biofilms, agricultura); agravado por la falta de tapas sanitarias observada in situ, mecanismo cuantificado por Gutiérrez et al., (2024) facilita la entrada de partículas que elevan las HPC; y las lluvias intensas en la zona movilizan contaminantes con mayor eficiencia que en regiones áridas (Paz et al., 2022).

En las muestras tomadas en el caserío de Shiringal se confirmó la presencia de coliformes totales en los pozos SGRLP-01, SGRLP- 05 y SGRLP -09, siendo el pozo SGRLP- 05 el que registró la mayor concentración. Asimismo, todas las muestras presentaron recuentos de bacterias heterotróficas (BH) pero sólo el pozo 7 superó el límite de 500 UFC/ml establecido por el DS N°031-2010-SA.

El pozo SRGLP-05 combina varios factores de riesgo que explican la elevada presencia de coliformes totales, uno de ellos es el tipo de suelo, pues al ser franco-arcilloso limoso favorece la retención de materia orgánica y microorganismos en la zona no saturada, y puede facilitar la persistencia de partículas asociadas con carga fecal que luego se movilizan por infiltración o empuje de nivel freático durante eventos de lluvia como en la época que fueron medidas (enero, febrero y marzo). Además, la proximidad a un gallinero doméstico influye, ya que son fuentes conocidas de patógenos y altos recuentos microbianos (fecales y no fecales). En sistemas rurales sin manejo de residuos, la cercanía del gallinero incrementa el riesgo de aporte fecal al pozo, añadiendo que existe una zanja con agua estancada cerca al pozo, facilita la movilización de patógenos y sedimentos, los cuales se infiltran o pasan por roturas/permeabilidades del revestimiento del pozo ya que no se ve un sellado adecuado como es el caso del pozo 5, agregando que el pozo no tiene mantenimiento lo que permite la entrada directa de fauna, escorrentía y material particulado. La combinación de estas condiciones explica por qué el pozo 5 presenta la mayor carga de coliformes totales en el muestreo.

El pozo SRGLP-01 presentó coliformes totales y, como se pudo observar en campo, se encontró un anfibio en el momento del muestreo. Aunque la presencia de anfibios no siempre indica contaminación fecal humana, varios estudios han mostrado que anfibios y otros animales poiquilotérmicos pueden portar y liberar bacterias indicadoras de origen fecal cuando se congregan en masas de agua y defecan en ellas (Frick et al., 2018) Por tanto, en

anfibio detectado puede haber contribuido a la presencia de indicadores en la muestra por contaminación directa en el pozo. Además, el pozo SGRLP-01 está al costado de una carretera rural, lo que lo hace vulnerable a escorrentía, vertidos accidentales, transporte de contaminantes por el aire, asimismo de lavados, tránsito de animales, aumentando así la exposición a contaminantes externos. Un cerrado inadecuado del pozo facilita la entrada de fauna y material orgánico; la combinación de estos factores explica la detección elevada de coliformes totales.

El pozo SRGLP-09 igualmente mostró coliformes totales. Las causas probables en este caso muestran que los animales domésticos (patos, gallinas) en las inmediaciones, depositan excretas; el pisoteo y tránsito de aves favorece la disgregación de heces y su movilización. En contextos rurales, se relacionan la tenencia de animales con mayor probabilidad de detección de indicadores fecales en agua doméstica combinado con la proximidad a una zanja y a una quebrada, que durante eventos pluviales como en los 3 meses muestreados, pueden aportar sedimentos, materia fecal y elevar la probabilidad de infiltración al acuífero que alimenta al pozo. Por lo que drenajes superficiales y quebradas incrementan la carga de turbidez y microorganismos en el pozo SRGLP-09 sumando que la falta de mantenimiento del pozo facilita la entrada directa de contaminantes.

Con respecto a las bacterias Heterotróficas, el pozo SRGLP-07 presentó 610 UFC/ml, superando el LMP de 500 UFC/1 ml. Las razones principalmente son la proximidad a la carretera rural y la cercanía a un baño que pudo estar mal manejado o a vertidos cercanos que pudieron introducir materia orgánica y microorganismos que favorecen el crecimiento heterotrófico; además, el tránsito (polvo, residuos), las actividades domésticas (lavado de utensilios, higiene, derrames accidentales, manipulación inadecuada del agua) y conducta de los menores (introducir objetos, manos sucias, orinar, etc.) pudieron introducir contaminantes directamente en la boca del pozo o en recipientes de almacenamiento, elevando el recuento de BH. Además, que comportamientos domésticos y la presencia de animales y suelos interiores (pisos de tierra) están asociados con mayor contaminación del agua y riesgo sanitario.

4.5. Índice de Calidad del Agua (ICA)

Los valores calculados del Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) se detallan en la tabla 20.

Tabla 20. Índice de Calidad del Agua de los pozos del Caserío de Shiringal

Pozos	Valor ICA - NSF	Calidad	Interpretación
SRGLP-01	63.41	Buena	Agua no contaminada o de manera no perceptible
SRGLP-02	26.66	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-03	11.63	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-04	19.52	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-05	550.91	No apta para consumo Humano	Agua muy contaminada por Bacterias y por parámetros físicos (calidad muy alterada)
SRGLP-06	22.75	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-07	38.41	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-08	14.69	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-09	160.34	Pobre	Agua con indicio de contaminación (de calidad un poco alterada)
SRGLP-10	24.7	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-11	15.36	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-12	23.24	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)
SRGLP-13	15.91	Excelente	Agua muy limpia (de calidad no alterada)

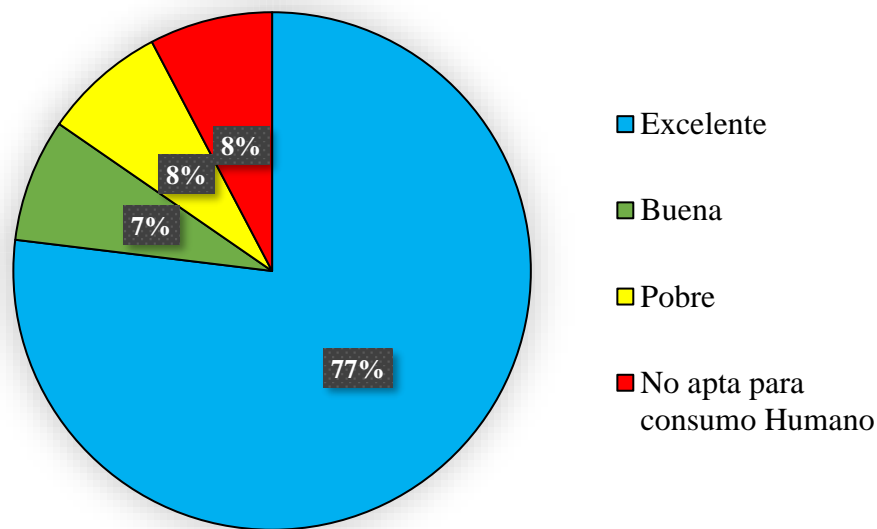


Figura 20. Gráfico de cumplimiento de ICA-NSF

En la figura 20 se puede apreciar que con respecto al total de los pozos del caserío de Shiringal, el 77% cumplen con todos los parámetros (excelente), esto indica que, si bien existe una mayoría significativa de pozos que cumplen con la normativa, aún persiste casi la cuarta parte que sobrepasan como mínimo un LMP establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-SA.

La evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA) clasificó 10 pozos del Caserío Shiringal en la categoría "Excelente", mientras que se identificaron tres casos críticos: el pozo SRGLP-01 ("Buena", ICA = 63.11), el SRGLP-05 ("No apto para consumo humano", ICA = 550.91), y el SRGLP-09 ("Pobre", ICA = 160.34).

Los resultados de nuestro estudio en Shiringal donde el 76.9% de pozos (10/13) presentaron calidad "Excelente", pero con casos críticos como el SRGLP-05 (No apto) y SRGLP-09 (Pobre) contrastan parcialmente con investigaciones previas en contextos rurales similares: mientras Caro y Arroyo (2021) reportaron que 4 de 5 pozos en Santo Tomás tuvieron calidad "Excelente" (sin casos "No aptos"), y Calla (2023) encontró predominio de calidad "Buena" (3/4 pozos) con solo un caso "Regular" en Puno, nuestros hallazgos coinciden en que la mayoría de pozos rurales son aptos para consumo, pero destacan que la presencia de puntos críticos puede comprometer significativamente la calidad del recurso.

Según la metodología del ICA-NSF (Brown et al.,1970) menciona que cada parámetro tiene un rango de evaluación, por lo que cada valor tiene sus valores estimados lo que sumando da el valor del ICA-NSF.

El pozo SRGLP-01 presenta el valor de “bueno”, ya que el único parámetro que sobrepasa en promedio fue los coliformes totales, por lo que al sobrepasar su valor del parámetro en 7 (388 % más de lo recomendado), y elevando su Q_i en 389, multiplicado por su valor en w_i (0.13) da como resultado un valor de 51, que sumando a los demás parámetros, da un valor alto, elevando el Índice de Calidad del Agua y quedando en el rango de Bueno.

El pozo SRGLP-05 presenta el valor de “no apto para consumo humano”, puesto que dos parámetros sobrepasan el promedio, el primer parámetro en sobrepasar el límite es el de turbidez, ya que su valor sobrepasa en 6.03 (220 % más de lo recomendado), elevando su Q_i en 221, multiplicado por su valor en w_i (0.13) da como resultado un valor de 29, agregando que el segundo parámetro que influyó significativamente fue el de coliformes totales que al sobrepasar su valor en 70 (3888 % más de lo recomendado), elevando su Q_i en 3889, multiplicado por su valor en w_i (0.13) da como resultado un valor de 512 que sumando a los demás parámetros da un valor alto, elevando el Índice de Calidad del Agua y quedando en el rango de “No apto para consumo humano”.

El pozo SRGLP-09 presenta el valor de “Pobre”, puesto que dos parámetros sobrepasan el promedio, el primer parámetro en sobrepasar el límite es el de turbidez ya que su valor sobrepasa en 9.45 (289 % más de lo recomendado), elevando su Q_i en 289, multiplicado por su valor en w_i (0.13) da como resultado un valor de 38, agregando que el segundo parámetro que influyó significativamente fue el de coliformes totales que al sobrepasar su valor en 15 (833 % más de lo recomendado), elevando su Q_i en 833, multiplicado por su valor en w_i (0.13) da como resultado un valor de 110 que sumando a los demás parámetros da un valor alto, elevando el Índice de Calidad del Agua y quedando en el rango de “Pobre”.

V. CONCLUSIONES

1. El Flujo de agua subterránea tiende a ir al oeste en dirección al río Huallaga
2. Los parámetros fisicoquímicos determinados en los pozos del Caserío Shiringal fueron Turbidez, Conductividad eléctrica, pH, Sólidos disueltos totales, Nitrato, Sulfato y Dureza, existiendo presencia elevada de turbidez en el mes de febrero en el pozo SRGLP-05 y en el mes de marzo en el pozo SRGLP-09.
3. Los parámetros microbiológicos determinados en los pozos del Caserío Shiringal fueron Coliformes totales, *Escherichia Coli* y Bacterias Heterotróficas, donde se detectó la presencia de Coliformes Totales en los pozos SRGLP-01, SRGLP-05 y SRGLP-09; no se encontró presencia de *Escherichia Coli* en los pozos evaluados. Respecto a las Bacterias Heterotróficas, se encontró un valor elevado en el pozo SRGLP-07.
4. Los pozos que sobrepasaron los Límites Máximos Permisibles del parámetro fisicoquímico turbidez fueron SRGLP-05 y SRGLP-09, del parámetro microbiológico Coliformes totales fueron SRGLP-01, SRGLP-05 y SRGLP-09, y del parámetro microbiológico Bacterias heterotróficas fue el pozo SRGLP-07.
5. El Índice de Calidad del Agua presente en el 77% de los pozos es de calidad “excelente”, un 7% de calidad “buena”, un 8% de calidad “pobre” y un 8% es de calidad “No apta para consumo humano”.
6. La calidad del agua de pozos para consumo Humano del caserío de Shiringal presenta en su mayoría una calidad “Excelente”.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. La Municipalidad Distrital de Pueblo Nuevo en coordinación con la red de salud debe verificar y analizar los nuevos pozos que se construirán.
2. Los pobladores que utilizan el agua para fines agrícolas, deben analizar parámetros orgánicos en el agua de los pozos, ya que uno de sus usos es la fumigación y por escorrentía puede haber productos químicos.
3. La Municipalidad Distrital de Pueblo Nuevo, sectores involucrados o tesisistas deberían evaluar el agua superficial de la quebrada que se encuentra en la zona para determinar la calidad, así como ampliar temas sobre la calidad del agua en los pozos del caserío.
4. Los pobladores deberían mantener los pozos siempre limpios, al menos una vez al año realizar su limpieza exterior e interior del pozo para mantener fuera los microorganismos patógenos y mantener los pozos libres de sólidos para evitar turbidez.
5. Los pobladores que utilizan un sistema de bombeo a un tanque de agua, deberían realizar un tratamiento de cloración, añadiendo 25 ml de cloro en 500 Litros de Agua.
6. Los pobladores que presentan pozos con alta turbidez y que utilizan un sistema de bombeo a un tanque de agua, deberían realizar un tratamiento de filtración
7. La Municipalidad Distrital de Pueblo Nuevo y los sectores involucrados deberían desarrollar capacitaciones y charlas informáticas sobre las diversas enfermedades que pueda ocasionar la alta turbidez, así también las bacterias coliformes y heterotróficas.
8. Los investigadores o tesisistas deberían considerar en futuras investigaciones la estación de estiaje para el análisis de microorganismos y los parámetros fisicoquímicos.
9. La Red de Salud debería tomar muestras, analizar e identificar las Bacterias Heterotróficas presentes en los pozos por especie.
10. La Municipalidad Distrital de Pueblo Nuevo en coordinación con la red de salud debe realizar un muestreo y seguimiento trimestral en los pozos de los caseríos en las épocas lluviosas y secas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (2024). Sulfate removal technologies for groundwater treatment (EPA/600/R-24/001). <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/groundwater-removal-technologies>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). (s.f.). Resumen de Salud Pública: Nitrato y Nitrito (Nitrate/Nitrite). https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs204.html
- Alvarado, J. (2022). Mercury pollution from artisanal gold mining in Peruvian rivers [Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://hdl.handle.net/20.500.12404/22045>
- APHA. (2021). Standard methods for the examination of water and wastewater (24th ed.). American Public Health Association.
- Appelo, C. A. J., & Postma, D. (2022). Geochemistry, groundwater and pollution (2nd ed.). CRC Press.
- Aurazo. Zumaeta, M. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. Centro Panamericano de de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente, 1–147
- Ayllon, D. (2022). Calidad Bacteriológica y Físico-Química del Agua de Pozos de Consumo Humano en el Centro Poblado Chilla del Distrito de Juliaca-2020. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. [En línea]: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18724>
- Banco Mundial. (2023). Groundwater Depletion and Sustainable Agriculture in South Asia. <https://www.worldbank.org>
- Bear, J., & Cheng, A. H.-D. (2010). Modeling groundwater flow and contaminant transport. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6682-5>

- Bruni, M. y Spuhler, D. (s.f.) Pozos excavados noria. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion/pozos-excavados-%28noria%29>
- Bundschuh et al. (2022). Science of Total Environment. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149876>.
- Cabrejos Bermejo, J. R. (2018). Evoluciones del nivel estático y conductividad eléctrica del agua subterránea del valle Chancay-Lambayeque, periodo 1996-2014. TZHOECOEN, 10(1), 148–162. <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.125347>
- Calla Parillo, M. E. (2023). Evaluación del índice de calidad del agua en pozos del barrio 2 de mayo de la ciudad de Puno, 2022. [En línea]: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/471>
- Calsín, K. (2016). Calidad Física, Química y Bacteriológica de Aguas Subterráneas de Consumo Humano en el Sector de Taparachi III de la Ciudad de Juliaca, Puno – 2016.
- Cantero Barroso, D., Del Puerto Rodríguez, A. M., Suárez Tamayo, S., Brown Vega, W., Pérez Castillo, A. y Martínez Pacheco, I. M. (2021). Determinación de Coliformes en la Evaluación Microbiológica de Aguas Subterráneas en Matanzas (Cuba). Higiene y Sanidad Ambiental 21(2), 1999 – 2004. <https://saludpublica.ugr.es/investigacion/revista-electronica/contenido/2021#title11>
- Caro Soria, J. A. y Arroyo Guillermo, J. A. (2021). Calidad de agua de pozos artesianos del caserío de Santo Tomas del distrito de San Juan Bautista. [En línea]: <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7714>
- Castillo-Herrera, S., Barrezueta-Unda, S., & Arvito-Quituisaca, J. (2019). Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador. Revista Ciencia UNEMI, 12(31), 64-73.
- CEPAL. (2022). Contaminación hídrica en América Latina: Impactos en salud y economía. <https://www.cepal.org>
- CEPAL. (2022). Crisis hídrica y extracción no regulada de pozos en el Cono Sur. <https://www.cepal.org/es/publicaciones>

- Ceron, L., Sarria, J., Torres, J., & Soto, J. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/386461570_Agua_subterranea_tendencias_y_desarrollo_cientifico
- Cervantes Flores, M. R., & Caso Revollar, Y. M. (2024). Calidad del agua y nivel de eutrofización a través de indicadores de eutrofia del humedal Santa Rosa, Distrito de Chancay, Lima [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/2480>
- Chapman, D. (1996). Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring (2ª ed.). UNESCO/WHO/UNEP.
- Chavarría Márquez, E. Y., López Yupanqui, G. M., Chávez De La Torre, M. Y., Orellana Reyes, D. E., Pérez Hajar, J. B., & Roca, W. G. (2023). Evaluación de parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad de agua del río San Juan de Pillo, Tayacaja. Fondo Editorial UNAT. <https://fondoeditorial.unat.edu.pe/index.php/EdiUnat/catalog/book/51>
- Congreso de la República del Perú. (2005, 15 de octubre). Ley N.º 28611: Ley General del Ambiente. Diario Oficial El Peruano. Recuperado de <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>
- Correa, J. (2012). Calidad de Suelos en Diferentes Sistemas de Uso en el Predio Tulumayo – UNAS – Tingo María. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/443>
- Craun, G. F., et al. (2022). Waterborne pathogens: Review for the drinking water industry. IWA Publishing.
- Cruz Falcón, A., Troyo Diéguez, E., Murillo Jiménez, J. M., García Hernández, J. L., & Murillo Amador, B. (2018). Groundwater types and total dissolved solids distribution in the aquifer of La Paz Baja California Sur, México. REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 36(1), 39–48. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i1.316>
- Dinius, S. H. (1987). Design of an Index of Water Quality. Journal of the American Water Resources Association, 23(5), 833–843. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1987.tb02959.x>

- Dionisio Armas, A. I. (2021). Calidad del agua para consumo poblacional de las fuentes de agua Cocheros, Quebrada del Aguila y Cushuro en la ciudad de Tingo María–Leoncio Prado.
- Dolores Esmilda Castillo Vereau, Lurdes Tuesta Collantes, & Seiri Eric Salazar Saldaña. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales*, 24(2), 219-234. <https://doi.org/10.36390/telos242.02>
- Duran Farfán, F. E. (2021). Dimensionado y adaptación de estructura y sistema de medición de agua subterránea en pozos de los acuíferos Ica - Villacurí y Lanchas [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5194>
- Elías Silupu, J. W., Gutiérrez Pérez, B. N., Narváez Gonzales, W. R., & Chávez García, S. C. (2022). Evaluación de la Calidad de Agua de los Pozos Sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su Ulterior Potabilización: Evaluation of the Water Quality of the Wells of the Porvenir la Caña Sector, District of Viru and its Subsequent Potabilization. *SENDAS*, 3(1), 65 - 94. <https://doi.org/10.47192/rcs.v3i1.80>
- ENDES. (2023). Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. <https://proyectos.inei.gob.pe/endes/>
- EPA (2024). Contaminantes emergentes en aguas subterráneas. <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water>.
- EPA. (2023). Manual of methods for water analysis.
- EPA. (2024). NSF-WQI adaptations for groundwater assessment (EPA/600/R-24/002). <https://www.epa.gov/water-research>.
- Esparza-González, Jaqueline, Castillo-Pérez, Luis J., Zavala-Cuevas, Diana, Carrillo-Inungaray, María Luisa, Carranza-Álvarez, Candy, & Martínez-Soto, Domingo. (2020). Calidad del agua de pozo de una comunidad tének en la Huasteca Potosina, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(3), e2736. Epub 08 de noviembre de 2021. <https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2736>

- Espinosa C., E. (2022). *Identificación de las relaciones entre la conductividad eléctrica aparente y las propiedades físicas del suelo*. Universidad Nacional de Colombia. [En línea]: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80978>
- European Union. (1998). Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities, L330, 32–54. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31998L0083>
- FAO. (2019). Groundwater quality protection. <http://www.fao.org/3/ca4796en/ca4796en.pdf>
- FAO. (2023). Groundwater Pollution from Agricultural Activities: Global Assessment. <http://www.fao.org/groundwater>
- FAO. (2023). Water quality for agriculture: Standards and applications. <http://www.fao.org/3/cc3041en/cc3041en.pdf>
- Faviel Cortez, E., Infante Mata, D., & Molina Rosales, D. O. (2019). Percepción y calidad de agua en comunidades rurales del área natural protegida La Encrucijada, Chiapas, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(2), 317-334.
- Fernández, A. (2023). Dureza en acuíferos kársticos [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://hdl.handle.net/10481/78901>
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice-Hall.
- Frick, C., Vierheilig, J., Linke, R., Savio, D., Zornig, H., Antensteiner, R., Baumgartner, C., Bucher, C., Blaschke, A. P., Derx, J., Kirschner, A. K. T., Ryzinska-Paier, G., Mayer, R., Seidl, D., Nadiotis-Tsaka, T., Sommer, R., & Farnleitner, A. H. (2018). Poikilothermic animals as a previously unrecognized source of fecal indicator bacteria in a backwater ecosystem of a large river. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(16). <https://doi.org/10.1128/AEM.000715-18>.
- García L., B. C., & Castro P., N. (2018). Comportamiento catiónico en las aguas subterráneas de la provincia Cienfuegos y su efecto en la salud. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(5), 372-378. Epub 02 de diciembre de 2018. Recuperado en 14 de febrero

de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000500372&lng=es&tlng=es.

Geraldo, S. (2007). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Actividades Rurales. http://www.cebra.com.uy/presponsable/adjuntos/2007/11/manual_ppr_manual-eiarppr.pdf.

Girbau García, M. (2002). Contaminación del agua. Enfermería Comunitaria I. Salud Pública. Masón. Recuperado de <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/868/course/section/485/Contaminacion%2520del%2520agua.pdf>

Gleeson, T., Cuthbert, M., Ferguson, G., & Perrone, D. (2022). Las aguas subterráneas en nuestro ciclo del agua. The Groundwater Project. <https://gw-project.org/es/books/las-aguas-subterranas-en-nuestro-ciclo-del-agua/>

Gómez Olaya, M. G., & Chang Gómez, J. V. (2009). Proyecto investigación 2007 - conductividad eléctrica. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6156>

Gómez, L. (2023). Acidificación de ríos andinos: Efectos en metales pesados [Tesis doctoral, Universidad de Antioquia]. Repositorio UdeA. <https://hdl.handle.net/20.500.12749/12345>

Greenpeace España. (2021). ¿Qué son los nitratos y cómo afectan al medio ambiente y la salud humana? https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos_Qu%C3%A9Son.pdf

Gutiérrez Araujo, M. K., Wilson Krugg, J. H., & Vásquez Valles, M. N. (2023). CALIDAD BACTERIOLÓGICA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE VIRÚ, DISTRITO VIRÚ, PERÚ, 2018. REBIOL, 43(1), 104 - 110. Recuperado a partir de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.pHp/faccbbiol/article/view/5510>

Gutiérrez, E. (2023). Tecnología IoT para monitoreo de pozos en acuíferos vulnerables [Proyecto FONDECYT 1123456]. <https://www.conicyt.cl>

- Gutiérrez, M. (2024). Bacterias heterotróficas en redes de distribución [Tesis U. Valencia]. <https://roderic.uv.es/handle/10550/94567>
- Gutiérrez, P., López, R., & Mendoza, S. (2024). Impacto de biofilms en pozos someros. *Journal of Water and Health*, 22(1), 112-125.
- Hansen P., B. y Simcox C., A. (1994). *Yields of bedrock wells in Massachusetts* (Water-Resources Investigations Report No. 93-4115). U.S. Geological Survey; USGS Earth Science Information Center, Open-File Reports Section. <https://doi.org/10.3133/wri934115>
- IGRAC. (2022). Satellite-Based Groundwater Monitoring. <https://www.un-igrac.org>
- INEI. (2023). Resultados definitivos del XII Censo Nacional de Población. <https://www.inei.gob.pe/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). Definiciones Aguas Superficiales. https://corponor.gov.co/calidad_del_aire/2022/AGUA/ZULIA/4.DEFINICIONES_Y_ACRONIMOS.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). Perú: Compendio estadístico 2017. Lima, Perú: INEI. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1565/libro.pdf
- Intagri S.C. (s.f.). La Dureza del Agua y su Importancia en el Riego por Goteo. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del-agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo>
- IPCC. (2023). Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- IUCN. (2023). Freshwater Biodiversity Red List: Andean Hotspots. <https://www.iucnredlist.org>

- Kabore, F. (2024). Landfill leachates and coastal aquifer contamination in West Africa [Tesis doctoral, Université Félix Houphouët-Boigny]. DSpace UFB. <https://hdl.handle.net/123456789/778899>
- Kresic, N. (2007). Hydrogeology and groundwater modeling (2^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005011>
- Kumar, R. et al. (2024). Localized calibration of NSF-WQI for arsenic-rich aquifers. *Journal of Environmental Management*, 352, 120045. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.120045>
- Landeo Panduro, J. K., & Limaco Bendezú, T. A. (2019). Propuesta de diseño de pozo tubular aplicando la técnica de testificación geofísica realizando sondeo eléctrico para incrementar la disponibilidad hídrica en el sector de Otopongo - Barranca - Lima - Perú [Tesis de licenciatura, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio USMP. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/5482>
- Lapworth, D. J., Baran, N., Stuart, M. E., & Ward, R. S. (2017). Groundwater Quality in the 21st Century. *Environmental Research Letters*.
- LeChevallier, M. W., & Au, K.-K. (2022). Water treatment and pathogen control: Process efficiency in achieving safe drinking water (2nd ed.). IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781789061870>
- Leon R., C. W. (2024) Evaluación de parámetros físicos – químicos y biológicos de las aguas subterráneas de las captaciones de San Marcos y Machicura, para determinar la categoría de sus aguas - Chontabamba – Oxapampa – 2022. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión [En línea]: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4062>
- López-García, P. (2023). Pozos abandonados como vías de contaminación en acuíferos kársticos. *Journal of Hydrology*, 615(Part B), 128634. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.128634>.
- Mamani Quispe, R. K. (2025). Calidad de agua en pozos artesianos para el consumo humano en el Distrito de Platería, parcialidad Lequene – Puno 2024. [En línea]: <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1146>

- Mancilla V., O. R., et al. (2021). Calidad del agua subterránea para uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.745>
- Marín, J., Olivar, A., Sarcos, V., & Gutiérrez, J. (2023). Comparación de índices de calidad de agua para consumo humano en pozos profundos del municipio miranda (Zulia, Venezuela). *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 63(1), 166-178.
- Martínez, R. (2021). Calidad microbiológica del agua en pozos rurales: Caso México. [Tesis doctoral, UNAM]. <https://tesiunam.dgb.unam.mx>
- Martínez-López, P. (2023). Aplicación del ICA-NSF en acuíferos agrícolas chilenos [Tesis maestría, U. de Concepción]. Repositorio UDEC. <https://hdl.handle.net/11593/45678>
- Mayo Clinic. (2022). E. coli: Síntomas y causas. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/e-coli/symptoms-causes/syc-20372058>
- MIDIS. (2023). Reporte anual de cobertura de programas sociales. <https://www.gob.pe/midis>
- MINAGRI. (2022). Anuario estadístico agrario 2022. <http://minagri.gob.pe/>
- Ministerio de Vivienda, Perú. (2023). Diagnóstico de cobertura de servicios básicos en áreas rurales. <https://www.gob.pe/mvcs>
- Ministerio del Ambiente del Perú. (2022). Protocolo nacional para la elaboración de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2022/03/Protocolo-ECA-LMP-2022.pdf>
- Morlans, A. L. (2010). Contaminación difusa en acuíferos: estudio de caso en la comuna de Colina, Región Metropolitana [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103696>
- Müller, A. (2023). Unregulated chemical compounds in industrial wastewater: A case study from Germany [Tesis doctoral, Universität Stuttgart]. OPUS. <https://doi.org/10.18419/opus-12999>.

- Muñoz, H., Armienta, M. A., Vera, A., & Cenicerros, N. (2004). Nitrato en el agua subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 20(3), 91-97. [Nitrato en el agua subterránea del Valle de Huamantla, Tlaxcala, México](#)
- OECD. (2021). Guidelines for chemical risk assessment (2nd ed.). Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://doi.org/10.1787/9789264082320-en>
- OMS (2023). Guías de calidad de agua. <https://www.who.int/publications>.
- OMS. (2022). Guidelines for drinking-water quality (4^a ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- OMS. (2022). Guidelines for drinking-water quality: pH and health (4.^a ed.). <https://www.who.int/publications>
- OMS. (2022). Sulfate in drinking-water: Background document for development of WHO guidelines. <https://www.who.int/publications>
- OMS. (2023). Guidelines for drinking-water quality. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240075542>
- OMS. (2023). Guidelines for drinking-water quality: Microplastics and emerging contaminants. <https://www.who.int>
- OMS. (2023). Guidelines for drinking-water quality: SDT and health effects. <https://www.who.int/publications>
- OMS. (2024). Directrices para pozos de agua potable en zonas agrícolas. <https://www.who.int/publications>
- OMS. (2024). Guidelines for PFAS in Drinking Water. <https://www.who.int>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). Guidelines for soil description (4^a ed.). <http://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda (4.^a ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

- Organización Mundial de la Salud. (2024). Directrices para la calidad del agua potable. OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Orihuela Garcia, O. F. (2024). Calidad del agua en las zonas de ampliación de redes de distribución de agua potable de la EPS “Seda Huánuco”–sucursal Leoncio Prado, en el distrito de Rupa Rupa.
- Ott, W. R. (1978). *Environmental Indices: Theory and Practice*. Ann Arbor Science Publishers Inc.
- Paz, J., Rivera, M., & Castro, L. (2022). Dinámica de contaminantes microbianos en acuíferos someros durante eventos pluviales intensos en zonas tropicales. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42, 101123. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.101123>
- Penn State Extension. (2023). Bacterias coliformes. <https://extension.psu.edu/bacterias-coliformes>
- Penn State Extension. (2023). Nitratos en el Agua Potable. <https://extension.psu.edu/nitratos-en-el-agua-potable>.
- Pérez Gómez, L. M., Guerrero-Posada, P., & de la Caridad Suarez-Acuña, M. (2019). Calidad del agua subterránea en el municipio Jimaguayú. *Revista Ingeniería Agrícola*, 9(3).
- Pérez M., F., et al. (2017). Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México. *HIDROBIOLÓGICA*, 13(2), 95–102. Recuperado a partir de <https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.pHp/revHidro/article/view/1101>
- Pérez, R. (2022). Salinización de acuíferos en zonas áridas: Caso norte de México [Tesis doctoral, UNAM]. TESIUNAM. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/7890>
- Poquioma Caballero, M. (2023). Calidad del agua para consumo humano en el CC. PP Nueva Esperanza–Luyando-Leoncio Prado–Huánuco, 2022.
- Prato M., J. G. et al. (2020). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos. *Kasmera*, 48(1), e48131414. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3861081>

- Ramos Flores, C. (2019). Calidad del agua de los Pozos Artesanales Adyacentes al Botadero de Residuos Sólidos de Chilla, Juliaca 2018. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3177>
- Raymundo Agui, J. C. (2023). Calidad del agua del rio Supte en un tramo de influencia del sector Supte San Jorge en Rupa Rupa, Leoncio prado-2021.
- Rengifo, G. (2014). Influencia de los sistemas de uso actual en las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos del Caserío el Milagro, distrito José Crespo y Castillo. [En línea]: [content](#)
- Robles Esperanza, et al. (2013) Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo – Axochiapan, Morelos, México. *Avances en Ciencias e ingeniería*. Vol. 4, N° 1, 19-28. [Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. - Dialnet](#)
- Robles, E., Ramirez, E., Durán, A., Martínez, M., & Gonzáles, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 4(1), 11.
- Rojas Vargas, R. P., & Rojas Vizcarra, L. N. (2023). Caracterización y determinación de la calidad de agua superficial. *Revista de Investigaciones*, 12(1), 65–80. <https://doi.org/10.26788/ri.v12i1.4014>
- Romero Cabello, R. (2007). *Microbiología Ambiental*. Editorial Trillas.
- Romero, A., Díaz, M., & Quispe, T. (2023). Soil texture controls on microbial transport in Andean aquifers. *Environmental Geology*, 78(4), 1-15.
- Sahuquillo, A. (2009) La importancia de las aguas subterráneas. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Vol. 103, N° 1, pp 97-114. <https://rac.es/ficheros/doc/00923.pdf>
- Salmón S., U., et al. (2014), Controles de transporte reactivo en suelos arenosos de sulfato ácido e impactos en la calidad de las aguas subterráneas poco profundas, *Water Resour. Res.*, 50, 4924–4952, doi:[10.1002/2013WR014404](https://doi.org/10.1002/2013WR014404).

- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). Metodología de la investigación (6a ed.). McGraw-Hill.
- Sandoval Condori, E. R. (2021). Análisis de la calidad de agua para consumo humano en pozos tubulares del centro poblado de Moro Paucarcolla, Puno 2019.
- Science. (2022). Depletion of Confined Aquifers in Arid Zones: Lessons from the Ogallala. <https://doi.org/10.1126/science.abo0923>
- SEMARENA (Secretaría de estado de medioambiente y recursos naturales). 2001. Normas de calidad de agua y control de descargas. Consultado el 29 de septiembre de 2009. [En línea]: (<http://rsta.pucmm.edu.do/biblioteca/bvds/pdfs/Normas%20Ambientales.pdf>)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2024). Datos Hidrometeorológicos en Huánuco. Estación: Tulumayo. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/main.pHp?dp=huanuco&p=estaciones>
- Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6–11. <https://doi.org/10.21500/20275846.269>
- Severiche-Sierra, C. A., Castillo Bertel, M. E., & Acevedo Barrios, R. L. (2013). Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. https://www.researchgate.net/publication/329153132_Manual_de_Metodos_Analiticos_para_la_Determinacion_de_Parametros_Fisicoquimicos_Basicos_en_Aguas
- Sias Baylon, D. Y. (2023). Calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón, Tingo María, Huánuco.
- Silupu, Jorge & Pérez, Blanca & Gonzales, Wilson & Chavez Garcia, Sally. (2022). Evaluación de la Calidad de Agua de los Pozos Sector Porvenir la Caña, Distrito de Virú y su Ulterior Potabilización: Evaluation of the Water Quality of the Wells of the Porvenir la Caña Sector, District of Viru SENDAS, 3(1), 65-94.
- Singh, R. (2024). High hardness in Rajasthan's groundwater. *Science of the Total Environment*, 912, 169345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169345>

- Snoeyink, V. L., & Jenkins, D. (2020). *Water chemistry*. John Wiley & Sons.
- Taylor, R., Scanlon, B., Döll, P. et. Al. (2013) Aguas subterráneas y cambio climático. *Nature Clim Change* **3**, 322–329. <https://doi.org/10.1038/nclimate1744>.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. D. (2020). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater hydrology* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- UNESCO. (2021). *World water development report 2021: Valuing water*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>
- UNESCO. (2023). *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023: Aguas subterráneas*. <https://unesdoc.unesco.org>
- UNESCO. (2023). *Interconnected Disaster Risks: Water in the Anthropocene*. United Nations World Water Development Report. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>
- UNESCO. (2024). *Climate Change Impacts on Groundwater Resources*. <https://unesdoc.unesco.org>
- United States Environmental Protection Agency. (1999). *Water quality conditions in the United States: A report to Congress*. EPA 841-R-97-008. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. <https://nepis.epa.gov>
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2021). *Informe de laboratorio: Turbidez*. Facultad de Ingeniería Ambiental. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/analisis-de-agua-y-desague/informe-laboratorio-turbidez/11617972>
- Valderrama E. R., et al. (2010). Calidad del agua de tres pozos de la zona centro del acuífero Cuautla–Yautepec, Morelos, México. *Biocyt*, 3(3), 159-170. [Dialnet-CalidadDelAguaDeTresPozosDeLaZonaCentroDelAcuifero-3414913.pdf](https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8)
- Valenzuela A., R. N. & Yucra L., Y. (2022). Evaluación de la calidad de agua subterránea del Parque Industrial Taparachi del distrito de Juliaca. *Ñawparisun-Revista de Investigación Científica de Ingenierías*, 3(4). <https://doi.org/10.47190/nric.v3i4.8>

- Vásquez Díaz, Y., & Villalobos Vásquez, M. Y. (2023). Efecto en la remoción de la turbiedad y los sólidos totales suspendidos de la vinaza, empleando sulfato de aluminio y policloruro de aluminio en el proceso de coagulación y floculación [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio UNJ. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/586>
- Vereau, D. E. C., Collantes, L. T., & Saldaña, S. E. S. (2022). Evaluación de la calidad del agua subterránea durante la pandemia por covid-19 en la Universidad Nacional de Trujillo, Perú. *Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 24(2), 219-234.
- Vergara C., P. (2014). Proceso de interacción agua-roca, variaciones geoquímicas de aguas subterráneas en el proyecto Sierra Gorda, Región de Antofagasta. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117126>
- Vörösmarty, C. J., et al. (2022). Emerging threats to freshwater systems from global change. *Nature Sustainability*, 5(4), 336-348. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00868-x>
- Vörösmarty, C. J., et al. (2023). Global threats to human water security. *Nature Water*, 1(2), 95-108. <https://doi.org/10.1038/s44221-023-00034-3>
- Washington State Apartment of Health (2022). Nitratos en el Agua. <https://doh.wa.gov/community-and-environment/drinking-water/contaminants/nitrate>
- WHO. (2022). Guidelines for drinking-water quality (5th ed.). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- World Health Organization. (2008). Guidelines for drinking-water quality: Incorporating the first and second addenda (3rd ed., Vol. 1). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547611>
- World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). WHO Press. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Zhang, W., Li, Y., & Liu, X. (2021). *Agricultural water pollution: Sources and control*. Elsevier.
- Zhang, Y., et al. (2023). Biofilm control in drinking water systems. *Environmental Science & Technology*, 57(8), 3210-3225.

VIII. ANEXO

Anexo A. Tablas Complementarias

Tabla 21. Volumen de agua de los pozos del Caserío Shiringal y su promedio

N°	Pozos	Enero			Febrero			Marzo			Total			Promedio			Datos		
		Altura	Volumen (m ³)	Volumen (litros)	Altura	Volumen (m ³)	Volumen (litros)	Altura	Volumen (m ³)	Volumen (litros)	Altura	Volumen (m ³)	Volumen (litros)	Altura	Volumen (m ³)	Volumen (litros)	Diámetro circular	Lado por lado	
1	SRGLP-01	2.23	2.48	2480	1.50	1.67	1668	1.35	1.50	1501	4.50	5.00	5005	1.69	1.88	1883	1.19		
2	SRGLP-02	1.42	1.07	1075	2.00	1.51	1514	1.71	1.29	1294	2.95	2.23	2233	1.71	1.29	1294	-	0.87	0.87
3	SRGLP-03	1.28	0.66	660	1.63	0.84	840	1.30	0.67	670	2.73	1.41	1407	1.40	0.72	723	0.81	-	-
4	SRGLP-04	1.64	1.06	1063	1.46	0.95	946	1.46	0.95	946	3.00	1.94	1944	1.52	0.98	985	-	0.81	0.80
5	SRGLP-05	1.74	1.27	1267	1.86	1.35	1354	1.15	0.84	837	3.88	2.82	2825	1.58	1.15	1153	-	0.80	0.91
6	SRGLP-06	2.70	2.29	2285	2.03	1.72	1718	1.47	1.24	1244	4.50	3.81	3808	2.07	1.75	1749	-	0.91	0.93
7	SRGLP-07	1.60	0.84	845	2.52	1.33	1331	2.05	1.08	1083	4.50	2.38	2376	2.06	1.09	1086	0.82		
8	SRGLP-08	1.50	1.11	1108	1.96	1.45	1448	1.70	1.26	1256	4.00	2.96	2956	1.72	1.27	1271	0.97		
9	SRGLP-09	1.30	0.94	941	1.63	1.18	1180	1.40	1.01	1013	4.00	2.90	2895	1.44	1.04	1045	0.96		
10	SRGLP-10	1.40	0.67	669	1.60	0.76	765	1.22	0.58	583	3.50	1.67	1672	1.41	0.67	672	0.78		
11	SRGLP-11	2.16	1.25	1255	1.53	0.89	889	1.25	0.73	726	3.50	2.03	2033	1.65	0.96	957	0.86		
12	SRGLP-12	1.50	0.72	717	1.52	0.73	726	1.15	0.55	550	3.90	1.86	1864	1.39	0.66	664	0.78		
13	SRGLP-13	1.50	0.93	933	1.62	1.01	1008	1.12	0.70	697	4.00	2.49	2488	1.41	0.88	879	0.89		

Tabla 22. Índice de Calidad del Agua – NSF de los pozos del Caserío Shiringal

Parámetros	CSP-01			CSP-02			CSP-03			CSP-04			CSP-05			CSP-06			CSP-07			CSP-08			CSP-09			CSP-10			CSP-11			CSP-12			CSP-13		
	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli	qi	Wi	Sli			
Turbidez	0.13	11	1.5	0.13	23	3.1	0.13	23	3.0	0.13	16	2.2	0.13	221	29.0	0.13	28	3.7	0.13	83	10.9	0.13	24	3.1	0.13	289	38.0	0.13	92	12.1	0.13	31	4.1	0.13	80	10.5	0.13	28	3.6
pH	0.03	5	0.1	0.03	8	0.2	0.03	17	0.4	0.03	11	0.3	0.03	23	0.6	0.03	7	0.2	0.03	7	0.2	0.03	1	0.0	0.03	5	0.1	0.03	11	0.3	0.03	11	0.3	0.03	18	0.5	0.03	9	0.2
Conductividad	0.03	42	1.1	0.03	51	1.3	0.03	33	0.9	0.03	37	1.0	0.03	27	0.7	0.03	44	1.2	0.03	48	1.3	0.03	47	1.2	0.03	44	1.1	0.03	41	1.1	0.03	42	1.1	0.03	39	1.0	0.03	44	1.2
SDT	0.13	32	4.2	0.13	38	5.0	0.13	25	3.3	0.13	28	3.7	0.13	20	2.7	0.13	33	4.3	0.13	36	4.8	0.13	35	4.6	0.13	33	4.3	0.13	30	4.0	0.13	32	4.2	0.13	29	3.9	0.13	33	4.4
Sulfato	0.08	5	0.4	0.08	9	0.7	0.08	0	0.0	0.08	5	0.4	0.08	2	0.2	0.08	3	0.3	0.08	8	0.6	0.08	2	0.2	0.08	1	0.1	0.08	4	0.3	0.08	1	0.1	0.08	2	0.2	0.08	5	0.4
Nitrato	0.13	3	0.4	0.08	5	0.4	0.13	3	0.3	0.13	2	0.3	0.13	2	0.2	0.13	2	0.3	0.13	2	0.2	0.13	3	0.4	0.13	4	0.5	0.13	3	0.4	0.13	6	0.8	0.13	3	0.4	0.13	1	0.2
Dureza Total	0.08	45	3.6	0.13	61	8.0	0.08	43	3.4	0.08	49	3.9	0.08	44	3.5	0.08	43	3.4	0.08	56	4.4	0.08	59	4.7	0.08	49	3.8	0.08	53	4.2	0.08	53	4.2	0.08	47	3.7	0.08	61	4.8
Coliformes Totales	0.13	389	51	0.13	56	7.3	0.13	0	0.0	0.13	56	7.3	0.13	3889	511.7	0.13	56	7.3	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	833	109.6	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0
Bacterias Heterotróficas	0.13	7	1	0.13	5	0.6	0.13	2	0.2	0.13	4	0.6	0.13	17	2.3	0.13	16	2.2	0.13	122	16.1	0.13	3	0.4	0.13	20	2.7	0.13	18	2.3	0.13	5	0.6	0.13	24	3.2	0.13	8	1.1
<i>Escherichia Coli</i>	0.13	0	0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0	0.13	0	0.0
Total	63.41169591			26.65994152			11.63245614			19.52134503			550.9116959			22.75380117			38.41403509			14.69385965			160.3385965			24.70175439			15.36491228			23.23684211			15.90964912		
ICA-NSF	Buena			Excelente			Excelente			Excelente			No apta para consumo humano			Excelente			Excelente			Excelente			Pobre			Excelente			Excelente			Excelente			Excelente		

Tabla 23. Cuadro resumen de ANOVA

Parámetros	Significancia
Turbidez	0.02234967
pH	0.34654739
Conductividad Eléctrica	0.00000638
Solidos Disueltos Totales	0.00000634
Sulfato	0.01969537
Nitratos	0.77314633
Dureza	0.61906298
Profundidad	0.00005867

Tabla 24. Profundidad en los pozos del Caserío de Shiringal

Pozos	Volumen (m³)			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	2.48	1.67	1.50	1.8833	0.5237	0.3023
SRGLP-02	1.07	1.51	1.29	1.2900	0.2200	0.1270
SRGLP-03	0.66	0.84	0.67	0.7233	0.1012	0.0584
SRGLP-04	1.06	0.95	0.95	0.9867	0.0635	0.0367
SRGLP-05	1.27	1.35	0.84	1.1533	0.2743	0.1584
SRGLP-06	2.29	1.72	1.24	1.7500	0.5256	0.3035
SRGLP-07	0.84	1.33	1.08	1.0833	0.2450	0.1415
SRGLP-08	1.11	1.45	1.26	1.2733	0.1704	0.0984
SRGLP-09	0.94	1.18	1.01	1.0433	0.1234	0.0713
SRGLP-10	0.67	0.76	0.58	0.6700	0.0900	0.0520
SRGLP-11	1.25	0.89	0.73	0.9567	0.2663	0.1538
SRGLP-12	0.72	0.73	0.55	0.6667	0.1012	0.0584
SRGLP-13	0.93	1.01	0.70	0.8800	0.1609	0.0929
Total				1.1046	0.4270	0.0684

Tabla 25. Conductividad Eléctrica en los pozos del Caserío de Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	672	622	608	634.00	33.645	19.425
SRGLP-02	823	786	686	765.00	70.873	40.919
SRGLP-03	540	494	471	501.67	35.133	20.284
SRGLP-04	625	609	441	558.33	101.928	58.848
SRGLP-05	347	303	571	407.00	143.722	82.978
SRGLP-06	674	666	636	658.67	20.033	11.566
SRGLP-07	671	750	751	724.00	45.902	26.502
SRGLP-08	722	707	687	705.33	17.559	10.138
SRGLP-09	637	654	673	654.67	18.009	10.398
SRGLP-10	649	594	581	608.00	36.097	20.841
SRGLP-11	621	639	637	632.33	9.866	5.696
SRGLP-12	610	616	538	588.00	43.405	25.060
SRGLP-13	671	665	659	665.00	6.000	3.464
Total				623.23	104.503	16.734

Tabla 26. Potencial de Hidrógeno (pH) en los pozos del Caserío Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	7.359	7.337	7.194	7.29667	0.089590	0.02357
SRGLP-02	7.321	7.232	7.203	7.25200	0.061490	0.03260
SRGLP-03	7.243	7.274	7.208	7.24167	0.033020	0.01126
SRGLP-04	7.394	7.257	7.215	7.28867	0.093607	0.07160
SRGLP-05	7.485	7.415	7.322	7.40733	0.081770	0.11184
SRGLP-06	7.306	7.325	7.212	7.28100	0.060506	0.00529
SRGLP-07	7.295	7.312	7.106	7.23767	0.114343	0.11236
SRGLP-08	7.281	7.257	7.148	7.22867	0.070883	0.02585
SRGLP-09	7.256	7.303	7.157	7.23867	0.074527	0.02658
SRGLP-10	7.222	7.189	7.128	7.17967	0.047690	0.04031
SRGLP-11	7.221	7.261	7.141	7.20767	0.061101	0.02404
SRGLP-12	7.424	7.371	7.121	7.30533	0.161822	0.07864
SRGLP-13	7.372	7.324	7.130	7.27533	0.128130	0.01729
Total				7.26464	0.092067	0.02091

Tabla 27. Sólidos Disueltos Totales en los Pozos del Caserío de Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	332	311	304	315.67	14.572	8.413
SRGLP-02	412	393	343	382.67	35.642	20.578
SRGLP-03	271	247	236	251.33	17.898	10.333
SRGLP-04	313	305	221	279.67	50.964	29.424
SRGLP-05	174	152	286	204.00	71.861	41.489
SRGLP-06	338	333	318	329.67	10.408	6.009
SRGLP-07	336	375	376	362.33	22.811	13.170
SRGLP-08	362	354	344	353.33	9.018	5.207
SRGLP-09	319	327	337	327.67	9.018	5.207
SRGLP-10	325	298	291	304.67	17.954	10.366
SRGLP-11	310	320	319	316.33	5.508	3.180
SRGLP-12	305	308	269	294.00	21.703	12.530
SRGLP-13	336	333	330	333.00	3.000	1.732
Total				311.87	52.183	8.356

Tabla 28. Turbidez en los Pozos del Caserío Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	0.92	0.26	0.53	0.5700	0.3318	0.1916
SRGLP-02	1.63	0.66	1.22	1.1700	0.4869	0.2811
SRGLP-03	0.65	0.51	2.26	1.1400	0.9725	0.5615
SRGLP-04	0.53	0.39	1.54	0.8200	0.6275	0.3623
SRGLP-05	4.49	26.60	1.99	11.0267	13.5447	7.8200
SRGLP-06	0.40	0.52	3.28	1.4000	1.6292	0.9406
SRGLP-07	4.56	3.67	4.19	4.1400	0.4471	0.2581
SRGLP-08	0.53	0.42	2.59	1.1800	1.2223	0.7057
SRGLP-09	9.75	10.00	23.60	14.4500	7.9251	4.5756
SRGLP-10	1.66	2.38	9.75	4.5967	4.4774	2.5850
SRGLP-11	0.65	1.85	2.19	1.5633	0.8090	0.4671
SRGLP-12	3.60	1.25	7.10	3.9833	2.9438	1.6996
SRGLP-13	0.37	0.48	3.30	1.3833	1.6608	0.9589
Total				3.6479	5.7068	0.9138

Tabla 29. Dureza en los Pozos del Caserío Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	165	210	306	227.00	72.021	41.581
SRGLP-02	255	315	342	304.00	44.531	25.710
SRGLP-03	198	204	249	217.00	27.875	16.093
SRGLP-04	225	306	207	246.00	52.735	30.447
SRGLP-05	135	138	393	222.00	148.098	85.504
SRGLP-06	231	126	288	215.00	82.177	47.445
SRGLP-07	216	270	348	278.00	66.363	38.314
SRGLP-08	270	288	333	297.00	32.450	18.735
SRGLP-09	219	210	300	243.00	49.568	28.618
SRGLP-10	255	261	279	265.00	12.490	7.211
SRGLP-11	249	255	291	265.00	22.716	13.115
SRGLP-12	225	276	198	233.00	39.611	22.869
SRGLP-13	276	315	318	303.00	23.431	13.528
Total				255.00	60.417	9.674

Tabla 30. Nitratos en los Pozos del Caserío Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	0.9	0.8	2.9	1.533	1.185	0.684
SRGLP-02	2.9	2.4	1.8	2.367	0.551	0.318
SRGLP-03	1.6	0.7	1.5	1.267	0.493	0.285
SRGLP-04	1.3	1.0	1.0	1.100	0.173	0.100
SRGLP-05	1.3	0.8	0.6	0.900	0.361	0.208
SRGLP-06	1.2	0.7	1.1	1.000	0.265	0.153
SRGLP-07	0.8	0.7	1.3	0.933	0.321	0.186
SRGLP-08	1.9	0.5	2.3	1.567	0.945	0.546
SRGLP-09	0.7	0.4	4.7	1.933	2.401	1.386
SRGLP-10	1.4	0.2	3.4	1.667	1.617	0.933
SRGLP-11	1.3	0.9	7.1	3.100	3.470	2.003
SRGLP-12	0.5	0.6	3.5	1.533	1.704	0.984
SRGLP-13	0.7	0.6	0.7	0.667	0.058	0.033
Total				1.505	1.349	0.216

Tabla 31. Sulfato en los Pozos del Caserío Shiringal

Pozos	Meses			Media	Desv. estándar	Error estándar
	Enero	Febrero	Marzo			
SRGLP-01	16	14	6	12.00	5.292	3.055
SRGLP-02	26	21	18	21.67	4.041	2.333
SRGLP-03	2	1	1	1.33	0.577	0.333
SRGLP-04	8	14	13	11.67	3.215	1.856
SRGLP-05	12	4	1	5.67	5.686	3.283
SRGLP-06	9	6	10	8.33	2.082	1.202
SRGLP-07	1	34	24	19.67	16.921	9.770
SRGLP-08	11	2	1	4.67	5.508	3.180
SRGLP-09	3	2	1	2.00	1.000	0.577
SRGLP-10	24	1	1	8.67	13.279	7.667
SRGLP-11	3	1	1	1.67	1.155	0.667
SRGLP-12	13	1	2	5.33	6.658	3.844
SRGLP-13	14	13	11	12.67	1.528	0.882
Total				8.87	8.575	1.373

Tabla 32. Coliformes Totales en los Pozos del Caserío Shiringal

Bacterias Coliformes Totales (UFC/100 ml)				
N°	Pozo	Enero	Febrero	Marzo
1	SRGLP-01	Ausencia	20	Ausencia
2	SRGLP-02	Ausencia	4	Ausencia
3	SRGLP-03	Ausencia	0	Ausencia
4	SRGLP-04	Ausencia	3	Ausencia
5	SRGLP-05	Ausencia	210	Ausencia
6	SRGLP-06	Ausencia	3	Ausencia
7	SRGLP-07	Ausencia	0	Ausencia
8	SRGLP-08	Ausencia	0	Ausencia
9	SRGLP-09	Ausencia	44	Ausencia
10	SRGLP-10	Ausencia	0	Ausencia
11	SRGLP-11	Ausencia	0	Ausencia
12	SRGLP-12	Ausencia	0	Ausencia
13	SRGLP-13	Ausencia	0	Ausencia

Tabla 33. Bacterias *Escherichia Coli* en los Pozos del Caserío Shiringal

Bacterias <i>Escherichia Coli</i> (UFC/ ml)				
N°	Pozo	Enero	Febrero	Marzo
1	SRGLP-01	Ausencia	Ausencia	Ausencia
2	SRGLP-02	Ausencia	Ausencia	Ausencia
3	SRGLP-03	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	SRGLP-04	Ausencia	Ausencia	Ausencia
5	SRGLP-05	Ausencia	Ausencia	Ausencia
6	SRGLP-06	Ausencia	Ausencia	Ausencia
7	SRGLP-07	Ausencia	Ausencia	Ausencia
8	SRGLP-08	Ausencia	Ausencia	Ausencia
9	SRGLP-09	Ausencia	Ausencia	Ausencia
10	SRGLP-10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
11	SRGLP-11	Ausencia	Ausencia	Ausencia
12	SRGLP-12	Ausencia	Ausencia	Ausencia
13	SRGLP-13	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Tabla 34. Bacterias Heterotróficas en los Pozos del Caserío Shiringal

Bacterias Heterotróficas (UFC/100 ml)				
N°	Pozo	Enero	Febrero	Marzo
1	SRGLP-01	29	15	67
2	SRGLP-02	4	19	45
3	SRGLP-03	10	10	4
4	SRGLP-04	21	16	27
5	SRGLP-05	4	21	234
6	SRGLP-06	8	8	230
7	SRGLP-07	77	1420	334
8	SRGLP-08	4	12	31
9	SRGLP-09	34	180	90
10	SRGLP-10	36	5	224
11	SRGLP-11	8	7	56
12	SRGLP-12	86	5	268
13	SRGLP-13	6	84	36

Anexo B: Mapa de Ubicación de los pozos

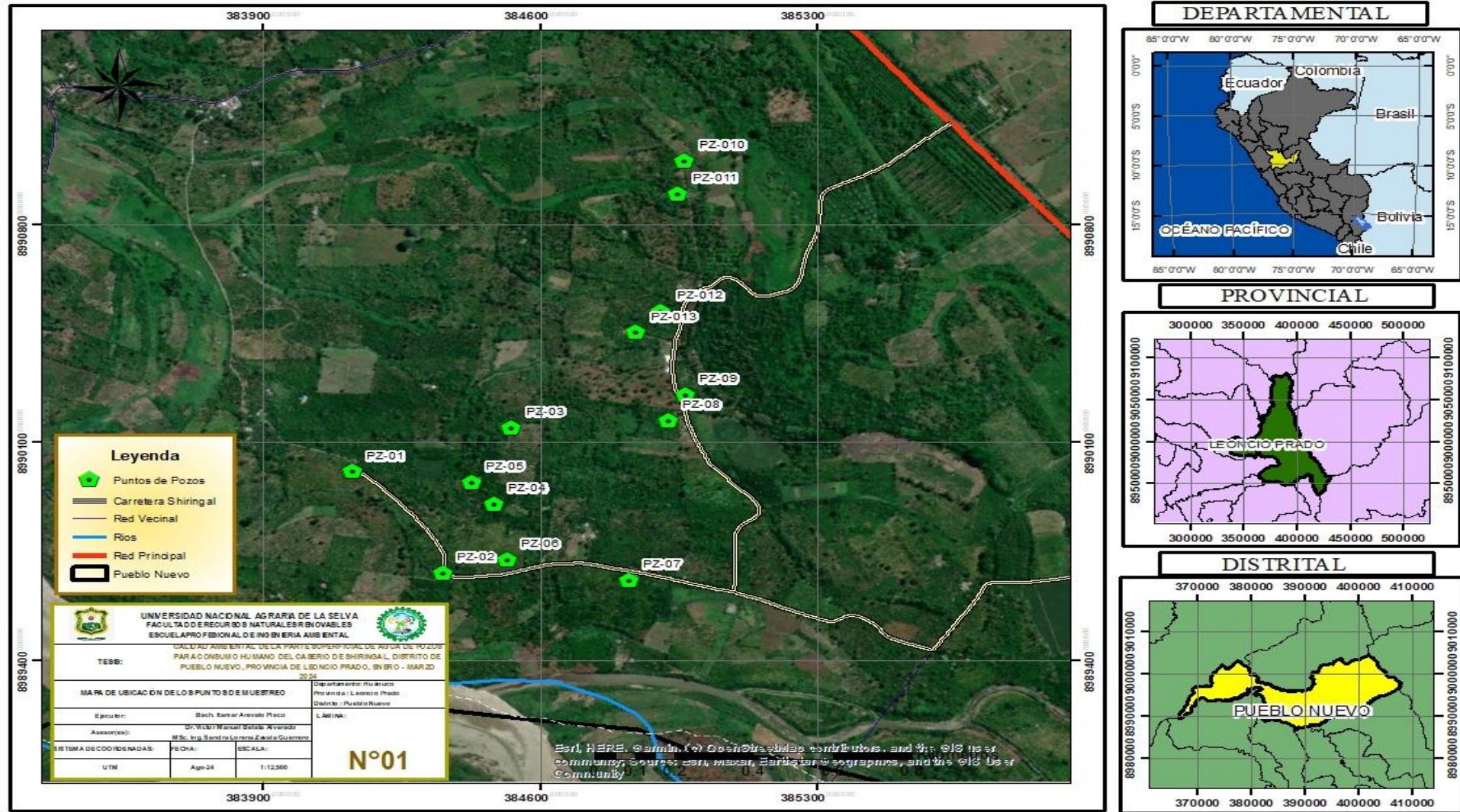
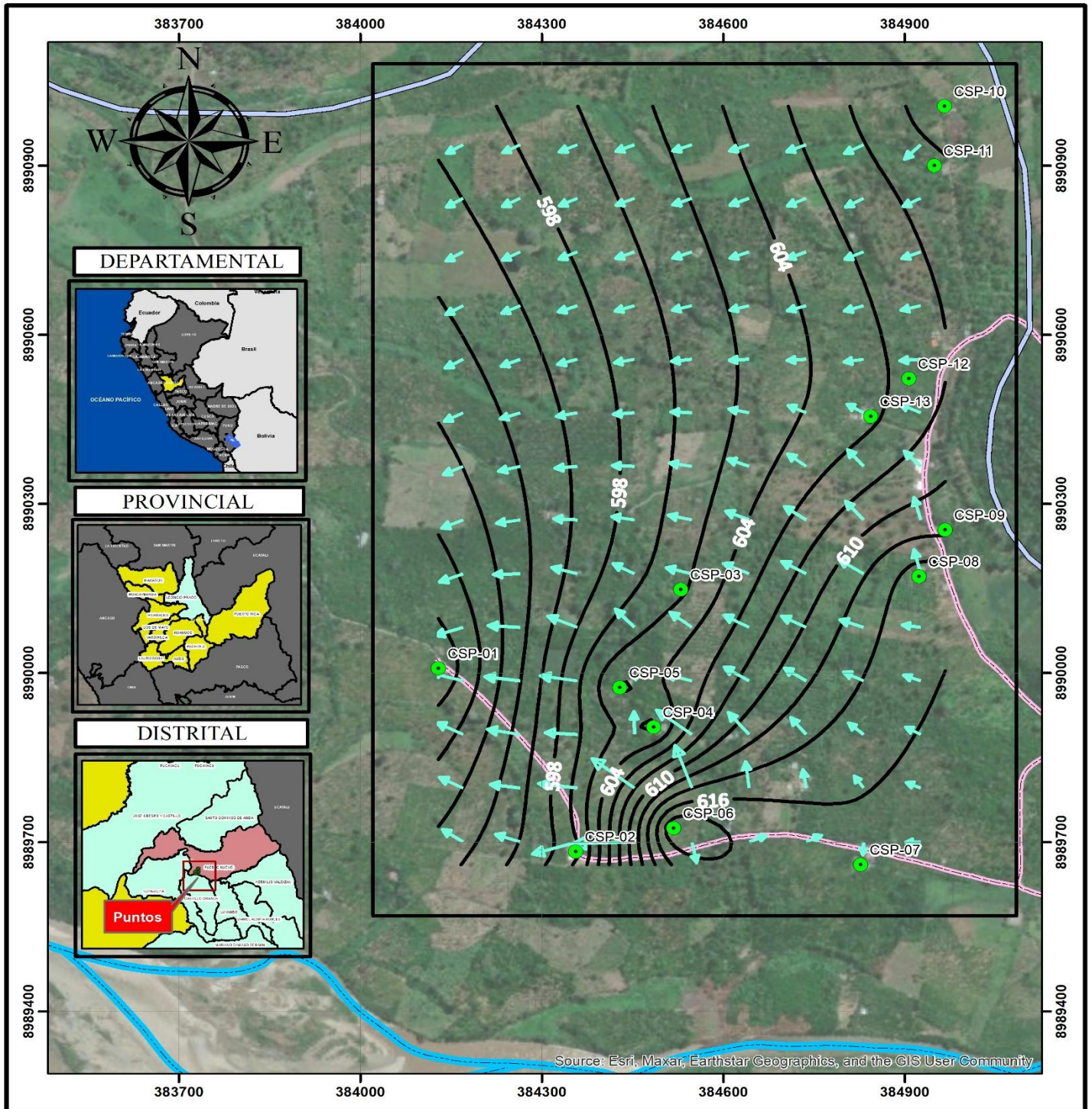


Figura 21. Mapa de Ubicación de los pozos del Caserío de Shiringal

Anexo C: Mapa de flujo de agua subterránea en los pozos del caserío Shiringal



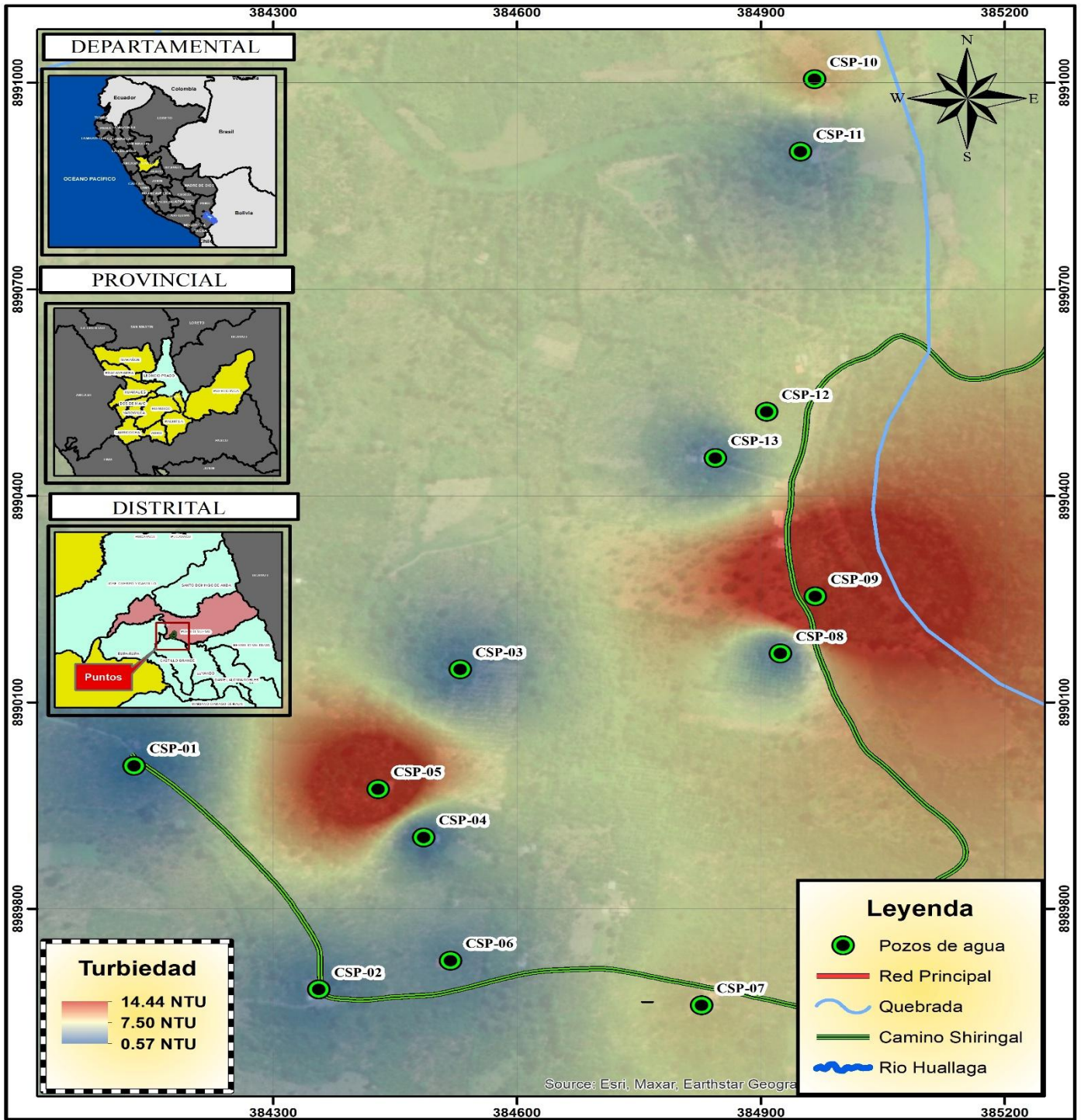
Leyenda

- Puntos de muestreo
- Area de estudio
- Altura
- Río Huallaga
- Quebrada_shiringal
- Dirección de Flujo
- Curvas
- Carretera

	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL	
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024		
MAPA DE FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA		
Ejecutor:	Bach. Itamar Arevalo Pisco	
Asesor(es):	Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero	
SISTEMA DE COORDENADAS:	FECHA:	ESCALA:
UTM	Noviembre de 2024	1:8,500
		Departamento: Huánuco Provincia: Leoncio Prado Distrito: Pueblo Nuevo
		LÁMINA: N°02

Figura 22. Mapa de flujo de agua subterránea en los pozos del caserío de Shiringal

Anexo D: Mapas de Dispersión de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos




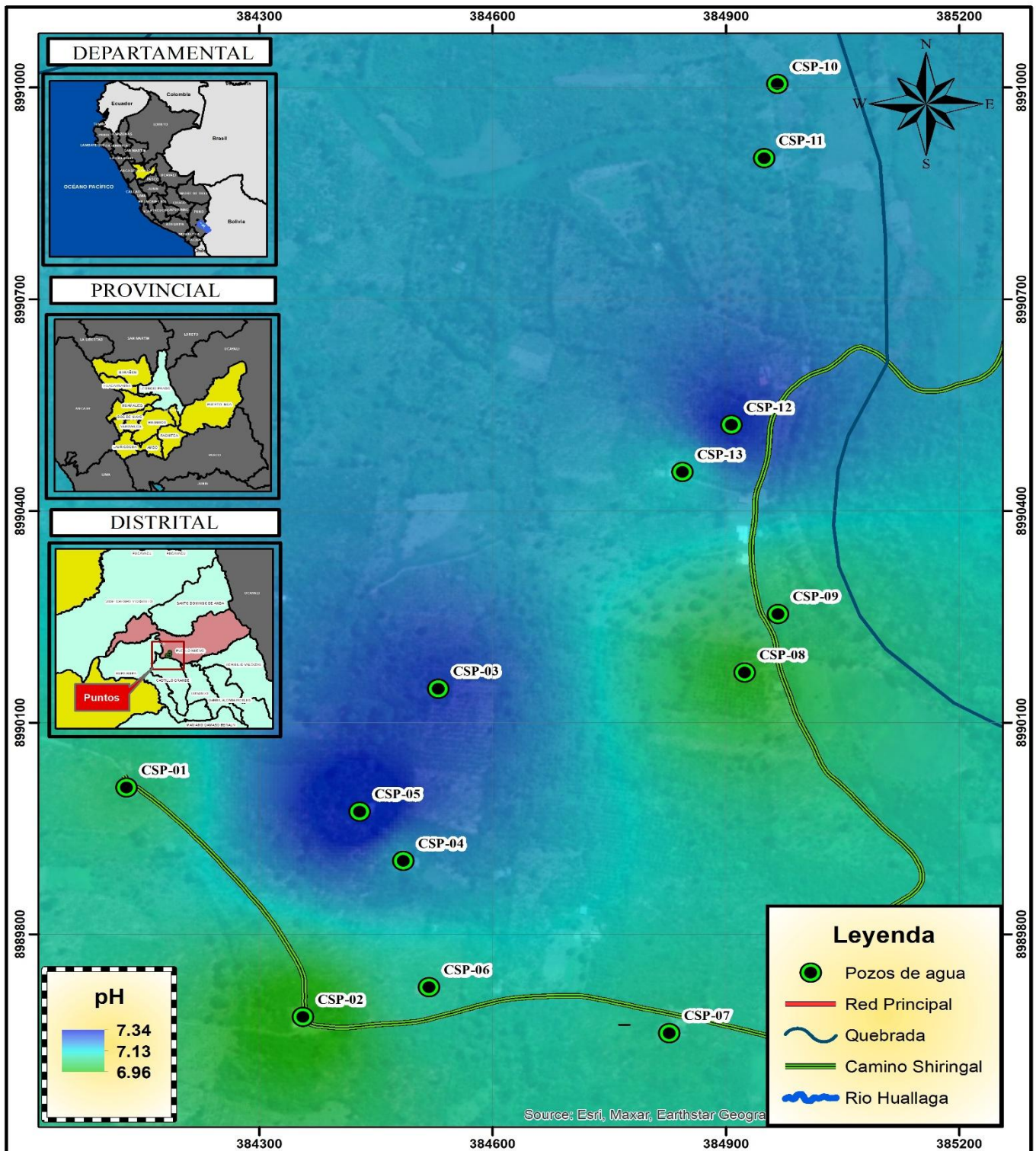
		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL				
TESIS:		CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024				
MAPA DE DISPERSION DE TURBIDEDAD						
Ejecutor:		Bach. Itamar Arevalo Pisco				Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo
Asesor(es):		Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero				LÁMINA:
SISTEMA DE COORDENADAS:	FECHA:	ESCALA:	N°03			
UTM	Noviembre de 2024	1:6.500				

Figura 23. Mapa de dispersión de Turbidez del agua de pozos en el Caserío de Shiringal





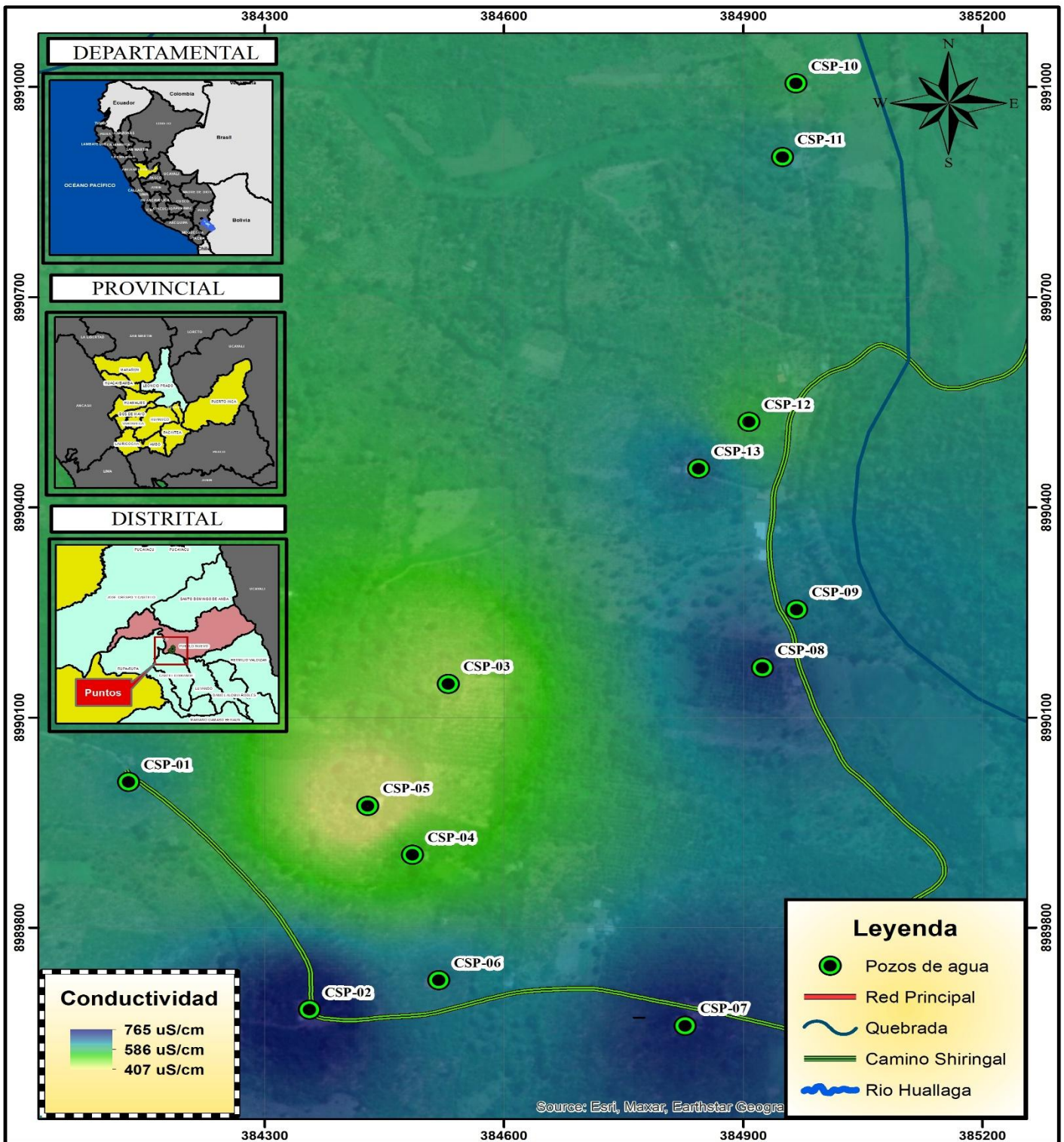
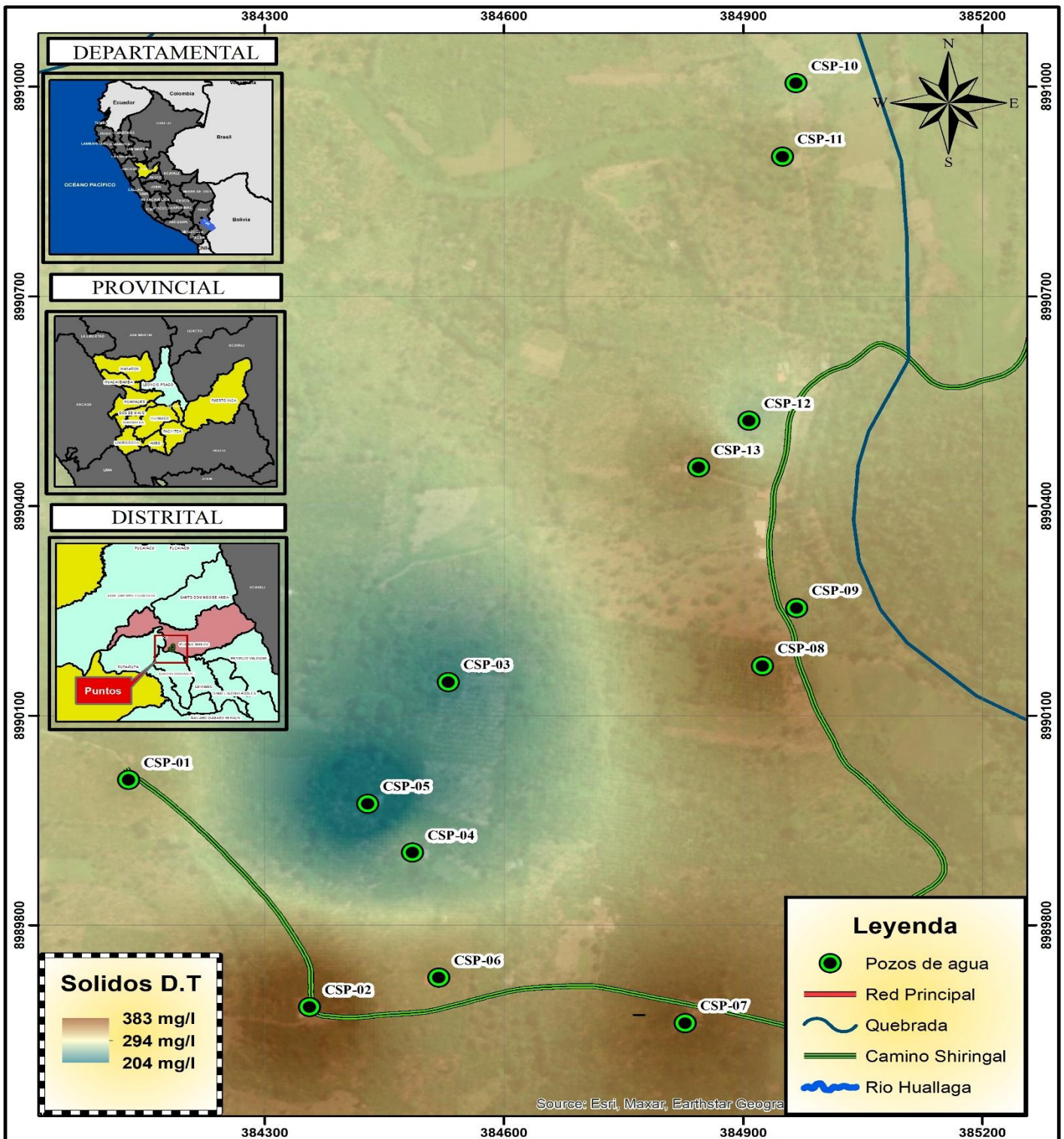
		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024					
Ejecutor: Bach. Itamar Arevalo Pisco Asesor(es): Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero		MAPA DE DISPERSION DE POTENCIAL DE HIDROGENO		Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo LAMINA:	
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM		FECHA: Noviembre de 2024		ESCALA: 1:8,500	
					N°04

Figura 24. Mapa de dispersión de Potencial de Hidrogeno (pH) del agua de pozos en el Caserío de Shiringal



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024			
MAPA DE DISPERSION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA			
Ejecutor: Bach. Itamar Arevalo Pisco Asesor(es): Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero		Departamento: Huánuco Provincia: Leoncio Prado Distrito: Pueblo Nuevo	
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM		ESCALA: 1:6,500	
FECHA: Noviembre de 2024		N°05	

Figura 25. Mapa de dispersión de Conductividad Eléctrica del agua de pozos en el Caserío de Shiringal





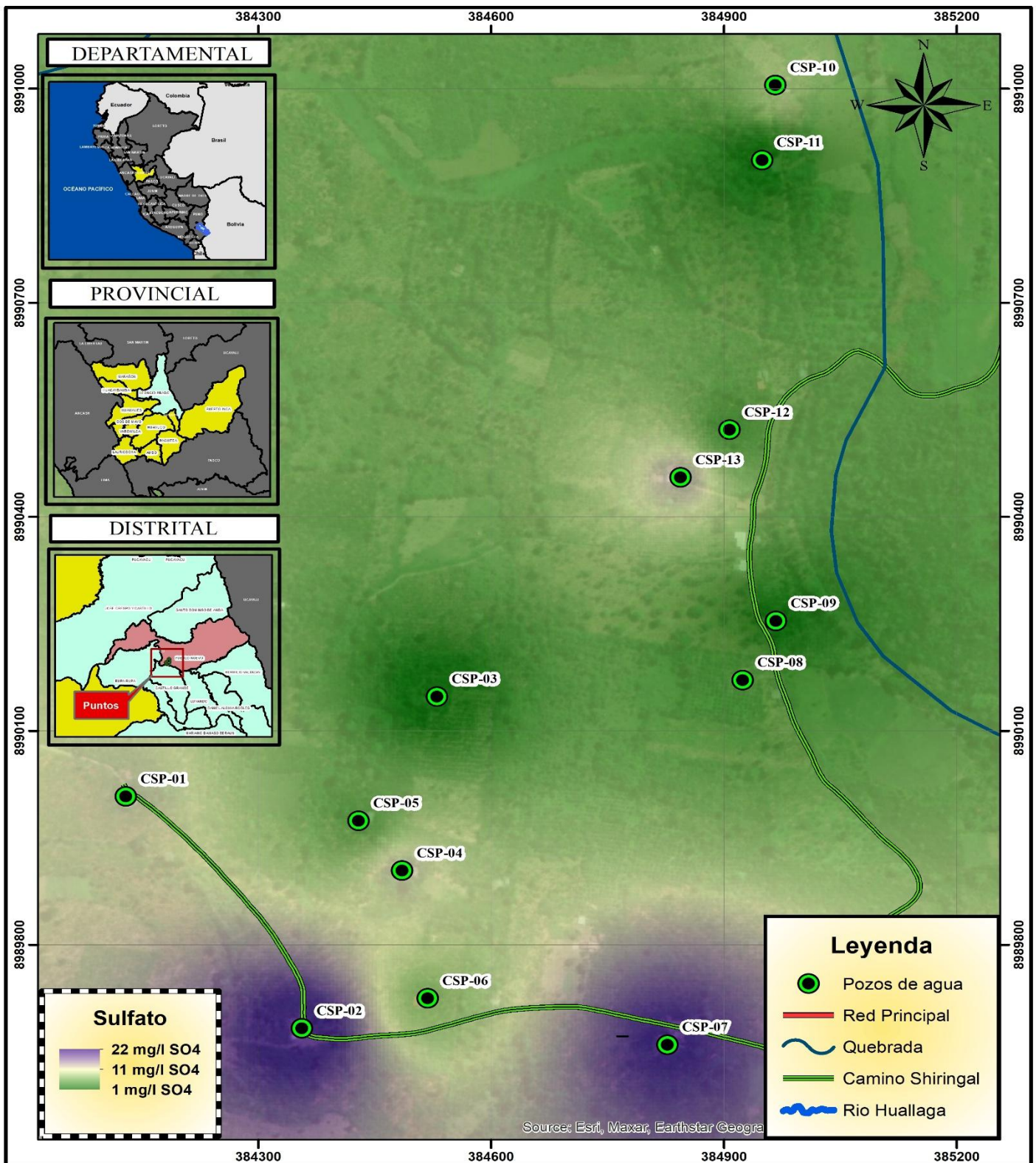
 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL		
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024		
MAPA DE DISPERSION DE SOLIDOS DISUELTOS TOTALES		
Ejecutor: Bach. Itamar Arevalo Pisco		Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo
Asesor(es): Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero		LAMINA: N°06
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM	FECHA: Noviembre de 2024	ESCALA: 1:6,500

Figura 26. Mapa de dispersión de Solidos Disueltos Totales del agua de pozos en el Caserío de Shiringal





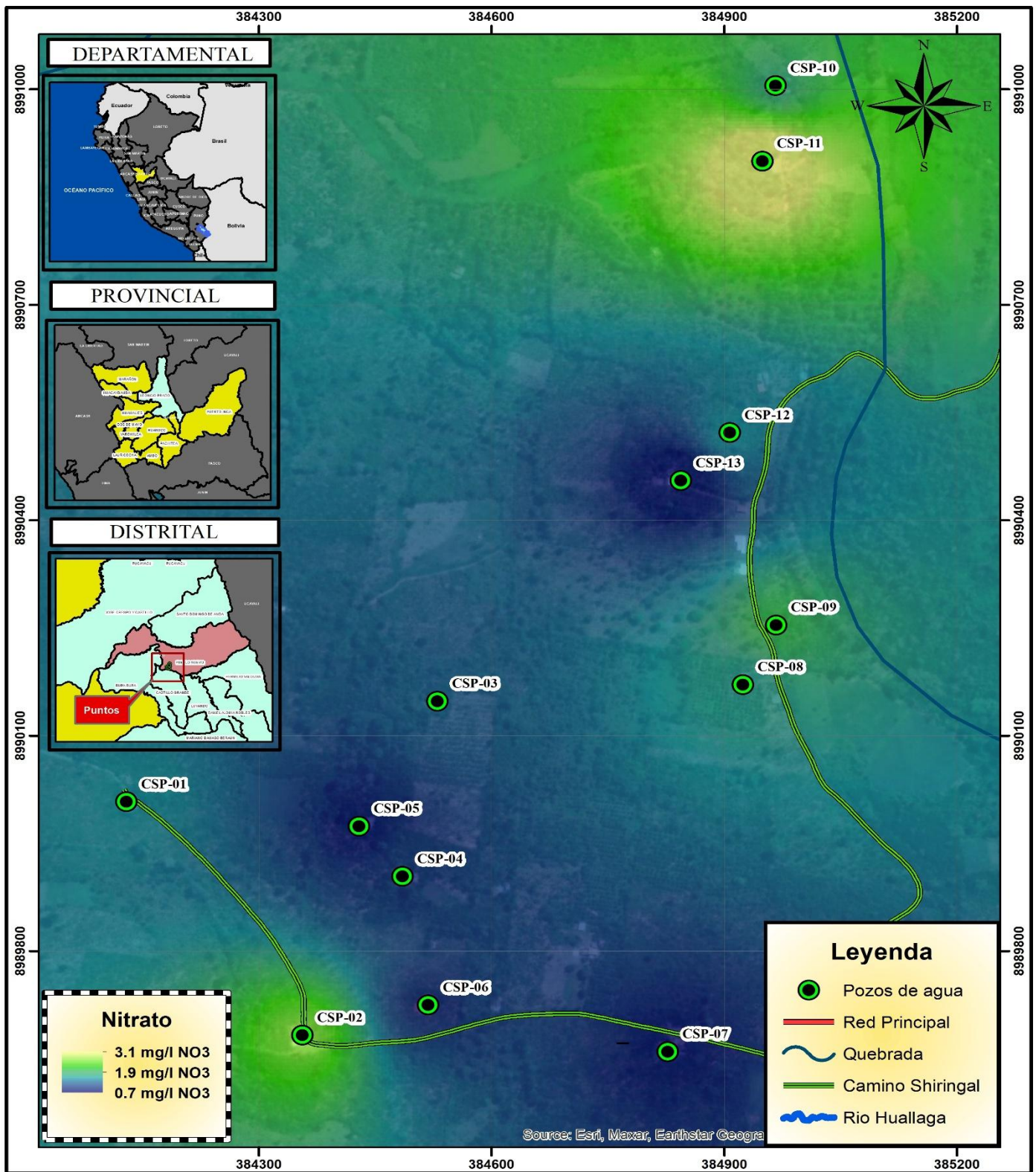
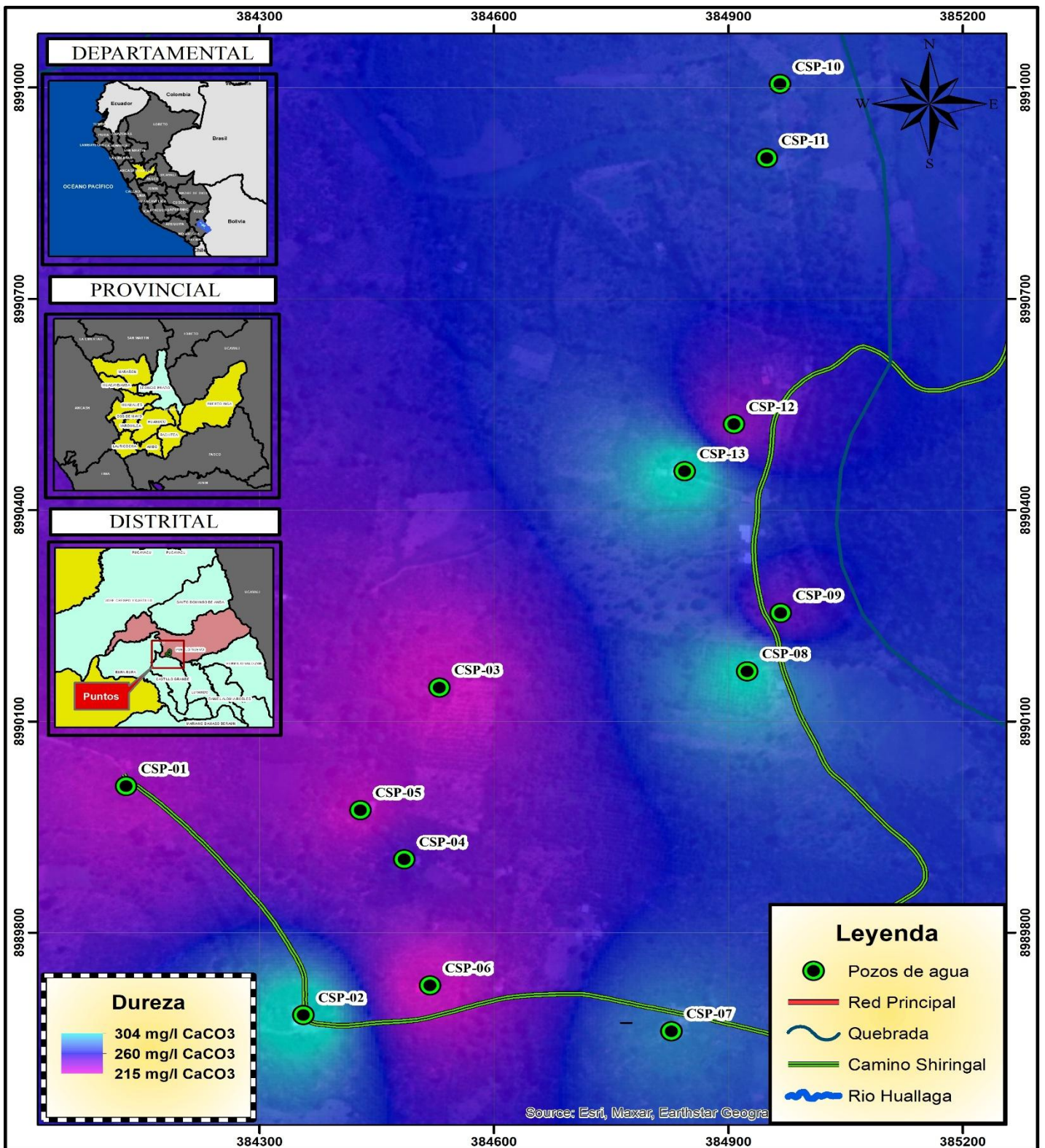
		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024		MAPA DE DISPERSION DE SULFATO			
Ejecutor: Bach. Itamar Arevalo Pisco		Asesor(es): Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero		Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo LÁMINA:	
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM		FECHA: Noviembre de 2024		ESCALA: 1:6,500	
					N°07

Figura 27. Mapa de dispersión de Sulfato del agua de pozos en el Caserío de Shiringal



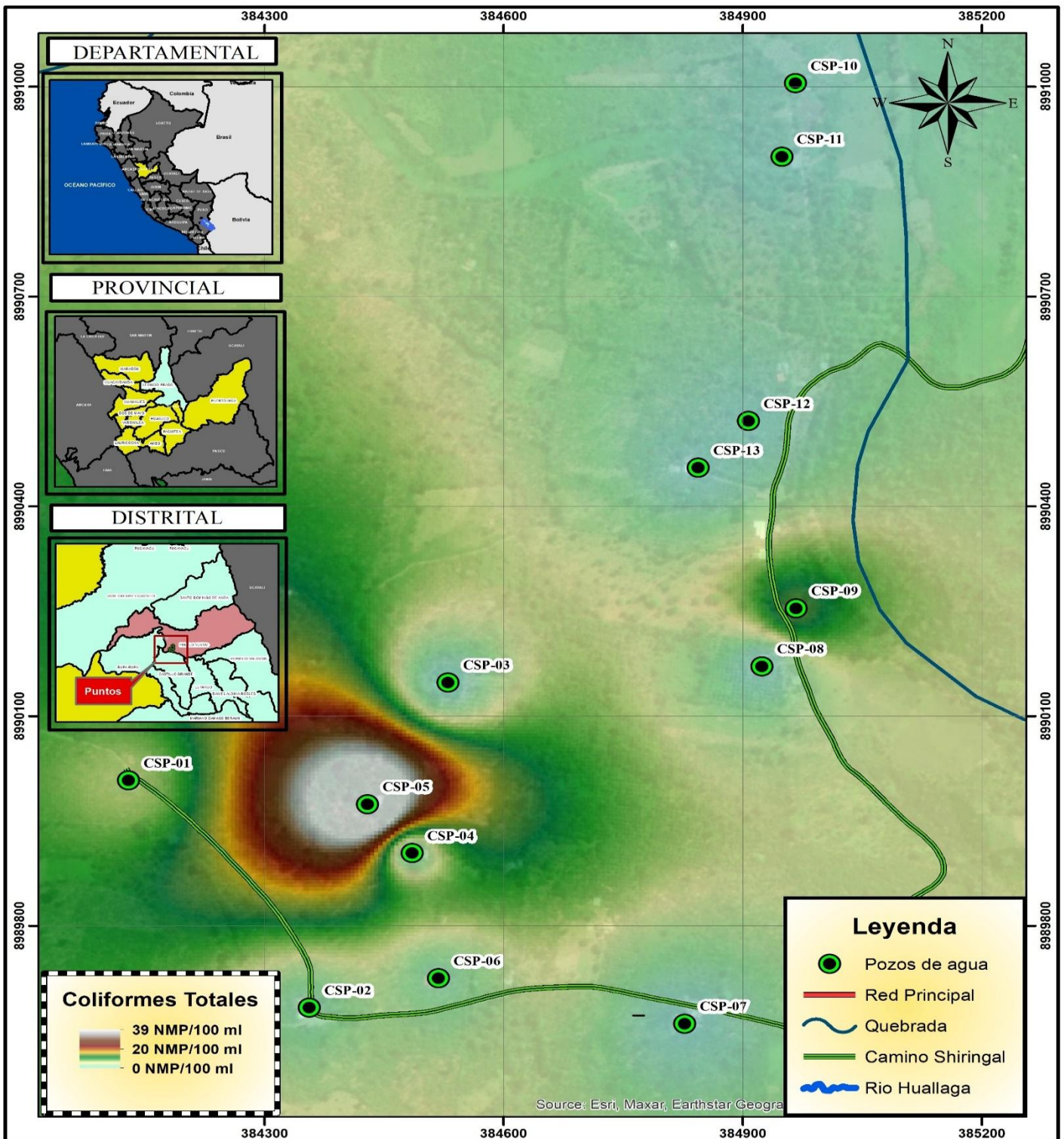
		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS:		CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024			
MAPA DE DISPERSION DE NITRATO				Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo	
Ejecutor:		Bach. Itamar Arevalo Pisco		LAMINA: N°08	
Asesor(es):		Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero			
SISTEMA DE COORDENADAS:	FECHA:	ESCALA:			
UTM	Noviembre de 2024	1:8,500			

Figura 28. Mapa de dispersión de Nitrato del agua de pozos en el Caserío de Shiringal



		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS:		CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024			
MAPA DE DISPERSION DE DUREZA					
Ejecutor:		Bach. Itamar Arevalo Plisco			
Asesor(es):		Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero			
SISTEMA DE COORDENADAS:		FECHA:		ESCALA:	
UTM		Noviembre de 2024		1:6,500	
Departamento: Huánuco Provincia : Leoncio Prado Distrito : Pueblo Nuevo					LÁMINA: N°09

Figura 29. Mapa de dispersión de Dureza del agua de pozos en el Caserío de Shiringal




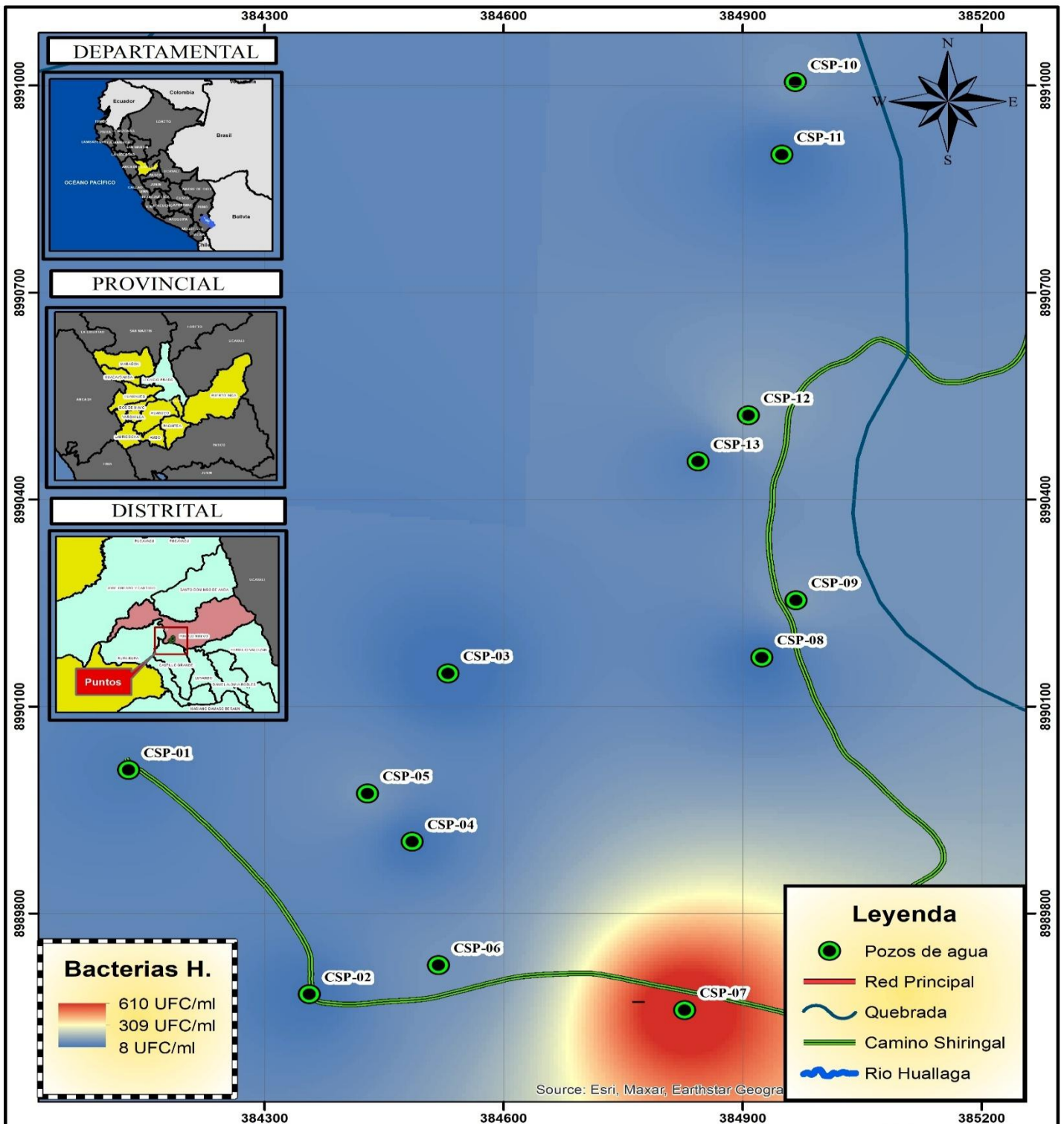
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL</p>			
TESIS: CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024			
MAPA DE DISPERSION DE COLIFORMES TOTALES			
Ejecutor: Bach. Itamar Arevalo Pisco Asesor(es): Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero		Departamento: Huánuco Provincia: Leoncio Prado Distrito: Pueblo Nuevo LAMINA:	
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM		FECHA: Noviembre de 2024	
ESCALA: 1:8,500		N°10	

Figura 30. Mapa de dispersión de Coliformes Totales del agua de pozos en el Caserío de Shiringal



		UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL			
TESIS:		CALIDAD AMBIENTAL DE LA PARTE SUPERFICIAL DE AGUA DE POZOS PARA CONSUMO HUMANO DEL CASERIO DE SHIRINGAL, DISTRITO DE PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, ENERO - MARZO 2024			
MAPA DE DISPERSION DE BACTERIAS HETEROTROFICAS					
Ejecutor:		Bach. Itamar Arevalo Pisco			
Asesor(es):		Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado MSc. Ing. Sandra Lorena Zavala Guerrero			
SISTEMA DE COORDENADAS:		FECHA:		ESCALA:	
UTM		Noviembre de 2024		1:6,500	
				Departamento: Huánuco Provincia: Leoncio Prado Distrito: Pueblo Nuevo	
				LAMINA: <h1 style="text-align: center;">N°11</h1>	

Figura 31. Mapa de dispersión de Bacterias Heterotróficas del agua de pozos en el Caserío de Shiringal

Anexo E: Cadena de Custodia

Tabla 35. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-01

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Eni

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-01	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384129 Y: 8990008	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra una zona de enjabe de plátano, pozo cubierto por calamina
Altitud: 588 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.50 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-01	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	2.23	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.50	
Características Organolépticas	Aceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Aceptable	

Tabla 36. Cadena de Custodia Punto SRGLP-02

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Ana

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-02	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384356 Y: 8989683	Descripción de la superficie: No presenta vegetación alrededor del pozo, se encuentra dentro de una casa, al costado de la cocina, esta encementado a su alrededor y presenta techo
Altitud: 601 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 2.95 m	Forma de pozo: Cuadrada

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-02	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:20	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.42	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	2.95	
Características Organolépticas	Aceptable	Foto del pozo:
Color:	Transparente	
Olor:	Aceptable	

Tabla 37. Cadena de Custodia Punto SRGLP-03

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Glorinda

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-03	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384530 Y: 8990148	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra la cocina, pozo cubierto por calamina.
Altitud: 603 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 2.73 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-03	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:40	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.28	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	2.73	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	

Tabla 38. Cadena de Custodia Punto SRGLP-04

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Herlita

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-04	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384485 Y: 8989904	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra una zanja con agua natural, pozo cubierto por calamina
Altitud: 603 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 3.00 m	Forma de pozo: Cuadrada

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-04	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	12:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.64	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	3.00	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	

Tabla 39. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-05**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señor Leovigildo

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-05	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384429 Y: 8989974	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra gallinero, pozo cubierto por calamina
Altitud: 606 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 3.88 m	Forma de pozo: Cuadrado

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-05	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.74	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	3.88	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	

Tabla 40. Cadena de Custodia Pozo SRGLP-06

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señor Jushtico

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-06	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384518 Y: 8989725	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra una zona de abastecimiento de leña, pozo cubierto por calamina
Altitud: 622 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.50 m	Forma de pozo: Cuadrado

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-06	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	2.70	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.50	
Características Organolépticas	Acceptable	Foto del pozo:
Color:	Transparente	
Olor:	Acceptable	

Tabla 41. Cadena de Custodia Punto SRGLP-07**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señor Mariano

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-07	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384827 Y: 8989660	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra un baño y una cocina, pozo cubierto por calamina
Altitud: 618 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.50 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-07	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	 <p>GPS Map Camera Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú Pueblo Nuevo, 10170, Perú Lat -9.138564° Long -76.048228° 15/02/24 01:28 p. m. GMT -05:00</p>
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.60	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.50	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	 <p>GPS Map Camera Pueblo Nuevo, Huánuco, Perú Pueblo Nuevo, 10170, Perú Lat -9.13796° Long -76.050952° 15/02/24 01:24 p. m. GMT -05:00</p>

Tabla 42. Cadena de Custodia Punto SRGLP-08**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Magna

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-08	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384924 Y: 8990171	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra una zona de enjabe de plátano, pozo cubierto por calamina
Altitud: 617 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.00 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-07	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.50	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.00	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	

Tabla 43. Cadena de Custodia Punto SRGLP-09

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Dominga

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-09	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384967 Y: 8990254	Descripción de la superficie: No presenta vegetación alrededor del pozo, se encuentra encementado a su alrededor, presenta techo de calamina, al costado se encuentra una zanja con agua natural.
Altitud: 613 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.00 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:


Clave de muestra:	SRGLP-09	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.30	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.00	
Características Organolépticas	Regular	Foto del pozo:
Color:	Turbio	
Olor:	Aceptable	

Tabla 44. Cadena de Custodia Punto SRGLP-10**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Angela

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-10	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384966 Y: 8991005	Descripción de la superficie: Presenta vegetación alrededor del pozo, al costado se encuentra casa, pozo cubierto por calamina
Altitud: 613 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 3.50 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:

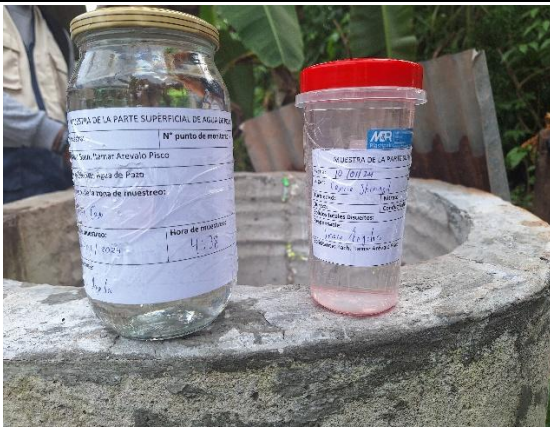

Clave de muestra:	SRGLP-10	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.40	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	3.50	
Características Organolépticas	Acceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Acceptable	

Tabla 45. Cadena de Custodia Punto SRGLP-11**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señor Mellizo

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-11	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384949 Y: 8990900	Descripción de la superficie: No presenta vegetación alrededor del pozo, se encuentra encementado a su alrededor, pozo cubierto por calamina
Altitud: 611 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 3.50 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-11	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	2.16	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	3.50	
Características Organolépticas	Aceptable	Foto del pozo:
Color:	Transparente	
Olor:	Aceptable	

Tabla 46. Cadena de Custodia Punto SRGLP-12**Datos generales:**

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Danna

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-12	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384907 Y: 8990522	Descripción de la superficie: No presenta vegetación alrededor del pozo, se encuentra encementado a su alrededor, pozo cubierto por calamina
Altitud: 608 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 3.90 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:



Clave de muestra:	SRGLP-12	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.50	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	3.90	
Características Organolépticas	Aceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo: 
Olor:	Aceptable	

Tabla 47. Cadena de Custodia Punto SRGLP-13



Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Caserío de Shiringal	Departamento: Huánuco
Uso Principal: Uso Agrícola	Provincia: Leoncio Prado
Usos secundarios: Crianza de Animales, Tiendas	Propietario del Predio: Señora Medelina

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: SRGLP-13	Tesista: Itamar Arevalo Pisco
Coordenadas: X: 384844 Y: 8990455	Descripción de la superficie: No presenta vegetación alrededor del pozo, se encuentra encementado a su alrededor, pozo cubierto por calamina
Altitud: 607 m.s.n.m	
Temperatura (°C): 28°C	Precipitación: (si/ no, intensidad): No se presenta lluvia
Técnica de muestreo:	Instrumentos usados: GPS MAP, Soga
Profundidad final: 4.00 m	Forma de pozo: Circular

Datos de las muestras:

Clave de muestra:	SRGLP-13	Foto de la muestra:
Fecha:	10/01/2024	
Hora:	11:00	
Profundidad desde: (en metros bajo la superficie):	1.50	
Profundidad hasta: (en metros bajo la superficie):	4.00	
Características Organolépticas	Aceptable	
Color:	Transparente	Foto del pozo:
Olor:	Aceptable	

Anexo F: Resultados de Análisis

Tabla 48. Resultados del punto SRGLP-01 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-01	Propietario	Ana		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.92	0.26	0.53
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.099	7.037	7.114
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	672	622	608
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	332	311	304
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	16	14	6
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	165	210	306
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	0.9	0.8	2.9
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	20	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	29	15	67
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 49. Resultados del punto SRGLP-02 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-02	Propietario	Eni		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	1.63	0.66	1.22
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	6.921	6.93	7.023
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	823	786	686
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	412	393	343
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	26	21	18
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	255	315	342
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	2.9	2.4	1.8
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	4	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	4	19	45
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 50. Resultados del punto SRGLP-03 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-03	Propietario	Glorinda		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.65	0.51	2.26
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.243	7.274	7.238
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	540	494	471
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	271	247	236
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	2	1	1
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	198	204	249
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.6	0.7	1.5
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	10	10	4
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 51. Resultados del punto SRGLP-04 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-04	Propietario	Herlita		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.53	0.39	1.54
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.094	7.107	7.315
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	625	609	441
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	313	305	221
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	8	14	13
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	225	306	207
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.3	1	1
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	3	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	21	16	27
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 52. Resultados del punto SRGLP-05 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-05	Propietario	Leovigildo		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	4.49	26.6	1.99
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.485	7.415	7.12
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	347	303	571
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	174	152	286
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	12	4	1
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	135	138	393
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.3	0.8	0.6
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	210	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	4	21	234
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 53. Resultados del punto SRGLP-06 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-06	Propietario	Jushtico		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.4	0.52	3.28
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.106	7.124	7.112
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	674	666	636
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	338	333	318
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	9	6	10
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	231	126	288
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.2	0.7	1.1
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	3	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	8	8	230
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 54. Resultados del punto SRGLP-07 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-07	Propietario	Mariano		
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	4.56	3.67	4.19
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.295	7.112	6.906
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	671	750	751
4	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	336	375	376
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	1	34	24
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	216	270	348
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	0.8	0.7	1.3
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	77	1420	334
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 55. Resultados del punto SRGLP-08 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-08	Propietario	Magna		
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.53	0.42	2.59
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	6.981	7.057	6.978
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	722	707	687
4	Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1000	362	354	344
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	11	2	1
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	270	288	333
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.9	0.5	2.3
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	4	12	31
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 56. Resultados del punto SRGLP-09 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-09	Propietario	Dominga		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	9.75	10	23.6
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.11	7.103	7.027
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	637	654	673
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	319	327	337
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	3	2	1
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	219	210	300
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	0.7	0.4	4.7
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	44	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	34	180	90
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 57. Resultados del punto SRGLP-10 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-10	Propietario	Angela		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	1.66	2.38	9.75
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.222	7.189	7.088
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	649	594	581
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	325	298	291
1	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	24	1	1
2	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	255	261	279
3	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.4	0.2	3.4
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	36	5	224
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 58. Resultados del punto SRGLP-11 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-11	Propietario	Mellizo		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.65	1.85	2.19
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.221	7.161	7.141
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	621	639	637
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	310	320	319
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	3	1	1
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	249	255	291
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	1.3	0.9	7.1

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	8	7	56
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 59. Resultados del punto SRGLP-12 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-12	Propietario	Danna		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	3.6	1.25	7.1
2	pH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.424	7.171	7.21
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	610	616	538
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	305	308	269
5	Sulfatos	mg SO ₄ =L ⁻¹	250	13	1	2
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	225	276	198
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	0.5	0.6	3.5

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	86	5	268
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Tabla 60. Resultados del punto SRGLP-13 y su diferencia con los Límites Máximos Permisibles del Decreto Supremo N°031-210-S.A.

Punto de Muestreo		SRGLP-13	Propietario	Medelina		
ANALISIS FÍSICOQUIMICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Turbidez	UNT	5	0.37	0.48	3.3
2	PH	Valor de PH	6.5 a 8.5	7.172	7.114	7.13
3	Conductividad (25°C)	µmho/cm	1500	671	665	659
4	Solidos Disueltos Totales	mg/l	1000	336	333	330
5	Sulfatos	mg SO ₄ -L ⁻¹	250	14	13	11
6	Dureza total	mg Ca CO ₃ L ⁻¹	500	276	315	318
7	Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50	0.7	0.6	0.7
ANALISIS MICROBIOLÓGICO						
ITEM	PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	ENERO	FEBRERO	MARZO
1	Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)	0	0	0
2	Bacterias Heterotróficas	UFC/100 mL a 35°C	500	6	84	36
3	<i>Escherichia Coli</i>	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)	0	0	0

Anexo G: Bacterias Heterotróficas**Figura 32.** Marcación y conteo de colonias**Figura 33.** Bacterias Heterotróficas presentes en todas las muestras

Anexo H: Tabla de Numero Mas Probable (NMP), para distintas combinaciones de resultados positivos cuando se utilizan 3 tubos por difusión.

Combinación de tubos positivos A – B – C	Índice NMP/ 100 ml	Combinación de tubos positivos A – B – C	Índice NMP/ 100 ml	Combinación de tubos positivos A – B – C	Índice NMP/ 100 ml
0 – 0 – 1	3	1 – 1 – 2	15	2 – 2 – 3	42
0 – 0 – 2	6	1 – 1 – 3	19	2 – 3 – 0	29
0 – 0 – 3	9	1 – 2 – 0	11	0 – 3 – 1	36
0 – 1 – 0	3	1 – 2 – 1	15	0 – 3 – 2	44
0 – 1 – 1	6	1 – 2 – 2	20	0 – 3 – 3	53
0 – 1 – 2	9	1 – 2 – 3	24	1 – 0 – 0	23
0 – 1 – 3	12	1 – 3 – 0	16	1 – 0 – 1	39
0 – 2 – 0	6	1 – 3 – 1	20	1 – 0 – 2	64
0 – 2 – 1	9	1 – 3 – 2	24	1 – 0 – 3	95
0 – 2 – 2	12	1 – 3 – 3	29	1 – 1 – 0	43
0 – 2 – 3	16	2 – 0 – 0	9	1 – 1 – 1	75
0 – 3 – 0	9	2 – 0 – 1	14	1 – 1 – 2	120
0 – 3 – 1	13	2 – 0 – 2	20	1 – 1 – 3	160
0 – 3 – 2	16	2 – 0 – 3	28	1 – 2 – 0	93
0 – 3 – 3	19	2 – 1 – 0	15	1 – 2 – 1	150
1 – 0 – 0	4	2 – 1 – 1	20	1 – 2 – 2	210
1 – 0 – 1	7	2 – 1 – 2	27	1 – 2 – 3	290
1 – 0 – 2	11	2 – 1 – 3	34	1 – 3 – 0	240
1 – 0 – 3	15	2 – 2 – 0	21	1 – 3 – 1	460
1 – 1 – 0	7	2 – 2 – 1	28	1 – 3 – 2	1100
1 – 1 – 1	11	2 – 2 – 2	35	3 – 3 – 3	>1100

Anexo I: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
3. Coliformes Termotolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6. Virus	UFC/ mL	0
7. Organismos de vida libre como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estados evolutivos	N° org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =< 1.8/100 ml

Anexo J: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	...	Aceptable
2. Sabor	...	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbidez	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6. Conductividad (25°C)	umho/cm	1500
7. Sólidos totales disueltos	Mg ^L -1	1000
8. Cloruros	mg Cl L-1	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ L-1	250
10. Dureza Total	mg CaCO ₃ L-1	500
11. Amoníaco	mg N L-1	1.5
12. Hierro	mg Fe L-1	0.3
13. Manganeso	mg Mn L-1	0.4
14. Aluminio	mg Al L-1	0.2
15. Cobre	mg Cu L-1	2.0
16. Zinc	mg Zn L-1	3.0
17. Sodio	mg Na L-1	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbidez

Fuente: DS-031-2010 SA

Anexo K: Panel Fotográfico



Figura 34. Toma de coordenadas en el punto SRGLP-01 con el GPS MAP

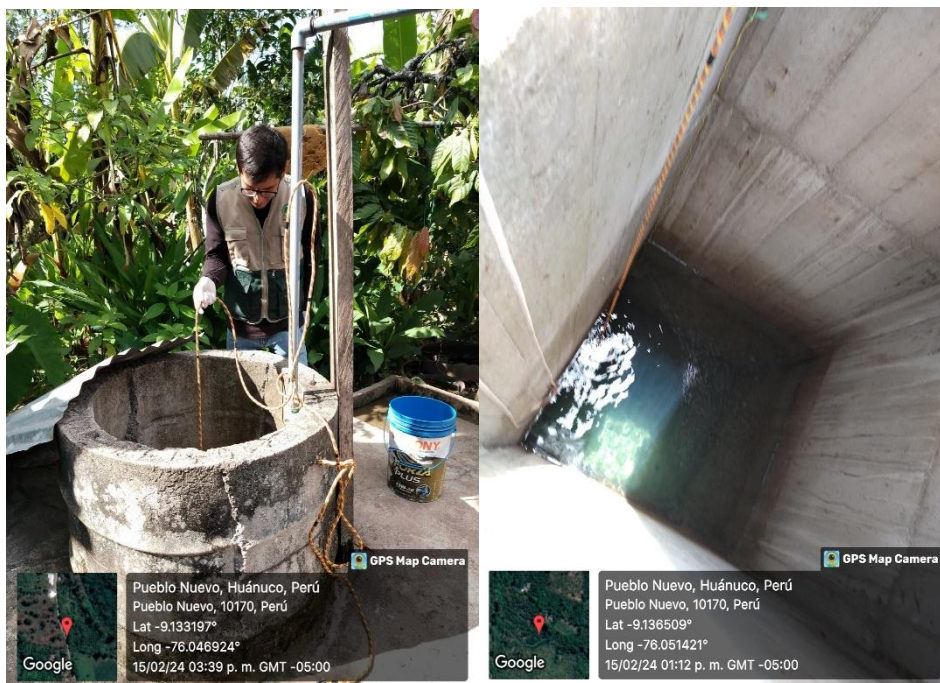


Figura 35. Medición de altura de agua en los pozos



Figura 36. Recolección de muestras en los envases



Figura 37. Muestras para análisis microbiológicos y fisicoquímicos



Figura 38. Pesaje y disolución de Agares



Figura 39. Preparación de caldos y sembrado de muestras



Figura 40. Incubación y lectura de Coliformes totales y *Escherichia Coli*



Figura 41. Ausencia de *Escherichia Coli* y presencia de Coliformes Totales

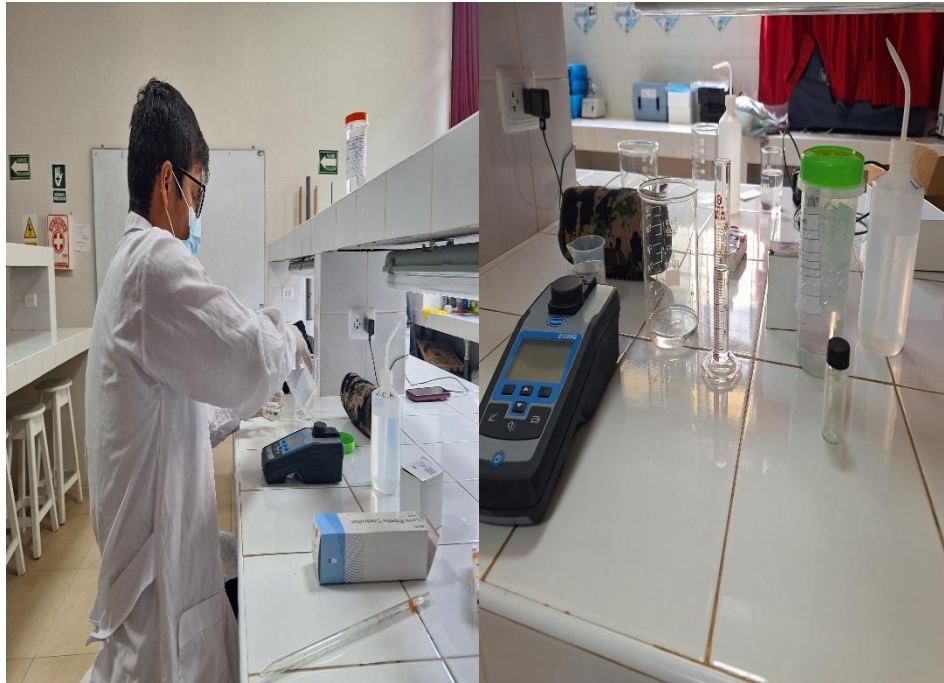


Figura 42. Medición de Turbidez, pH, Conductividad Eléctrica y Solidos Disueltos Totales



Figura 43. Medición de Sulfato en el Agua



Figura 44. Medición de Nitrato en el Agua



Figura 45. Determinación de Dureza en la muestra