

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROYECTO INTEGRADOR

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y FACTIBILIDAD DE
USO DE LOS OJOS DE AGUA HUERTAYACU Y AMAGULO
UBICADOS EN LA PARROQUIA DE NAYÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

ERICK SANTIAGO CALDERÓN CHICAIZA

erick.calderon@epn.edu.ec

NATALY MISHELLE FLORES GRANDA

nathaly.flores@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. EDUARDO VÁSQUEZ MSC.

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

CODIRECTORA: ING. ANA BALAREZO MSC.

ana.baralezo@epn.edu.ec

Quito – Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Nataly Mishelle Flores Granda y Erick Santiago Calderón Chicaiza declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa vigente

Nataly Mishelle Flores Granda

Erick Santiago Calderón Chicaiza

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Nataly Flores y Erick Calderón, bajo nuestra supervisión

Ing. Eduardo Vásquez, MSc.

DIRECTOR

Ing. Ana Balarezo, MSc.

CODIRECTORA

DEDICATORIA

A Dios que nunca soltó mi mano y me lleno de sabiduría para poder culminar una meta más.

A mis padres Noemi y Henri por ser luz en mi vida, por enseñarme valores, brindarme su tiempo, paciencia y amor incondicional, gracias por inculcar en mí el ejemplo de valentía, esfuerzo y sacrificio. Los Amo con mi vida.

A mi hija Angélica por ser el motivo más importante para cumplir esta meta, por darme esa fuerza, amor y sobre todo por apoyarme y no permitir que me dé por vencida, esto es para ti mi pequeño amor.

A mis hermanos Henry y Leslie por su cariño, por brindarme muchos momentos de felicidad, por su apoyo incondicional durante este proceso, sobre todo a ti hermana por cuidar de mi hija cuando yo tenía que salir a cumplir con mis obligaciones, por ser esa madre para Angélica y protegerla.

A toda mi familia por estar pendiente de cada paso que doy, por sus consejos que me hicieron ser la persona que soy.

Nataly Flores

A Dios que siempre fue mi refugio en el en momentos críticos de mi vida, el cual me supo brindar la sabiduría para culminar una de mis metas.

A mis padres Silvia y Raúl quienes han inculcado en mi valores y principios a lo largo de mi vida, por su apoyo incondicional y su cariño que a lo largo de esta carrera siempre han estado pendientes económica y moralmente.

A mi querida hermana Lorena por su ejemplo y consejos, fue un pilar fundamental para culminar con existo mis estudios.

A toda mi familia gracias por estar pendiente de mí, por sus palabras de aliento, los quiero demasiado.

Santiago Calderón

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme y brindarme salud para culminar esta etapa.

A mis padres Noemi y Patricio por confiar en mí y apoyarme en cada momento, por ser mi ejemplo de lucha.

A toda mi familia por estar ahí al pendiente de mí y mi hija, gracias de corazón por ser ese pilar en mi vida.

A la Escuela Politécnica Nacional, en especial a la ESFOT por formar en mí un profesional de éxito, con valores impecables.

A mis tutores de tesis Eduardo y Anita por estar pendiente de nuestro trabajo, por su paciencia y sus consejos.

Nataly Flores

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por iluminar mi camino y nunca dejarme solo.

A mis Padres y hermana que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez dentro y fuera de las aulas

A la Escuela Politécnica Nacional, a todos mis profesores en especial a mis tutores Eduardo y Anita que siempre estaban pendientes de nuestro avance, gracias por sus consejos y paciencia fueron de gran ayuda.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a mis amigos, los cuales estuvieron en los buenos y malos momentos, gracias por su acolite, logramos formar un grupo con los cuales compartíamos risas y conocimiento.

Santiago Calderón

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XII
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPITULO I	4
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Planteamiento del problema	6
1.2. Justificación.....	7
1.3. Objetivos.....	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO II	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1. El agua.....	9
2.2. Fuentes de agua.....	9
2.3. Importancia del agua	10
2.3.1. Ciclo Hidrológico	10
2.4. Usos del agua.....	10
2.4.1. Calidad del agua.....	10
2.4.2. Indicadores de la calidad del agua	11
2.4.3. Calidad del agua para consumo humano.....	11
2.4.4. Calidad del agua para uso agrícola.....	11
2.4.5. Calidad del agua para uso pecuario	12
2.4.6. Calidad del agua para uso recreativo.....	12
2.5. Introducción al muestreo	12
2.5.1. Identificación de la muestra.....	13
2.5.2. Tipos de muestras	13
2.5.2.1. Muestra Puntual	13
2.5.2.2. Muestra compuesta	13
2.5.3. Preservación y transporte de muestras	13
2.5.3.1. Intervalo de tiempo entre la toma de la muestra y los análisis.....	13
2.5.4. Naturaleza del cambio en la muestra	14
2.5.5. Técnicas de conservación.....	14
2.6. PARAMETROS FÍSICOS	15

2.6.1. Conductividad	15
2.6.2. Turbidez.....	15
2.6.3. Temperatura	15
2.7. PARAMETROS QUIMICOS	15
2.7.1. Potencial hidrógeno	15
2.7.2. Demanda biológica de oxígeno (DBO5).....	15
2.7.3. Demanda química de oxígeno (DQO).....	16
2.7.4. Oxígeno disuelto (OD)	16
2.7.5. Nitratos.....	16
2.7.6. Color	16
2.7.7. Contenido de Sólidos	16
2.7.7.1. Sólidos totales (ST).....	16
2.7.7.2. Sólidos disueltos (TDS).....	17
2.7.7.3. Sólidos suspendidos (SS).....	17
2.7.7.4. Sólidos sedimentables (SS).....	17
2.7.8. Nitritos.....	17
2.7.9. Fosfatos	18
2.7.10. Aluminio	18
2.7.11. Hierro y manganeso	18
2.7.12. Cloruros.....	18
2.7.13. Sulfatos.....	18
2.7.14. Nitrógeno Amoniacal	18
2.7.15. Dureza	19
2.7.16. Cobre.....	19
2.7.17. Alcalinidad.....	19
2.7.18. Acidez	19
2.8. PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS	19
2.8.1. Coliformes Totales.....	19
2.8.2. Coliformes Fecales	20
CAPITULO III	21
METODOLOGIA.....	21
3.1. Descripción y ubicación de las vertientes Huertayacu y Amagulo	21
3.1.1. Coordenadas geográficas de las vertientes	25
3.2. Plan de muestreo.....	25
3.2.1. Equipos y materiales	25
3.3. Análisis de los parámetros.....	25
3.3.1. Parámetros <i>In situ</i>	29
3.3.2. Parámetros analizados en el laboratorio	31

3.2. Determinación del ICA-NSF.....	49
3.3. Aforo de caudales	51
3.4. Análisis de los posibles sistemas de abastecimiento desde las fuentes.....	53
3.5. Uso y cobertura del suelo en un sistema de riego en Nayón	60
CAPITULO IV	62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
4.1. Resultados obtenidos en el muestreo	62
4.1.1. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente H-Y.1	62
4.1.2. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente H-Y.2	63
4.1.3. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente Amagulo	64
4.2. Comparación de los parámetros físico- químicos y microbiológicos con la normativa vigente.....	64
4.3. Análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.....	68
4.3.1. Turbidez y Sólidos Suspendidos	69
4.3.2. Sólidos Disueltos Totales y Conductividad.....	69
4.3.3. Temperatura y Oxígeno Disuelto	70
4.3.4. Nutrientes	71
4.3.5. Manganeseo.....	71
4.3.6. Aluminio	72
4.3.7. Hierro	72
4.3.8. Color	73
4.3.9. DBO5 y DQO	73
4.4. Índice de Calidad de las vertientes.....	76
4.4.1. Índice de Calidad de la vertiente H-Y.1	76
4.4.2. Índice de Calidad de la vertiente H-Y.2	77
4.4.3. Índice de Calidad de la vertiente Amagulo	78
4.5. Factibilidad del uso de las vertientes Huertayacu y Amagulo	79
4.6. Socialización de resultados con la comunidad	83
CAPITULO V	84
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
5.1. Conclusiones	84
5.2. Recomendaciones.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
ANEXOS.....	90
ANEXO I. Plan de muestreo.....	90
ANEXO II. Normativa Actual Vigente en el Ecuador.....	92
ANEXO III. Cálculos de los Análisis en el laboratorio LDIA	95
ANEXO IV. Cálculo del Caudal	102

ANEXO V. Tablas de la calidad del agua de riego.....	103
ANEXO VI. Uso y cobertura del suelo de las vertientes.	104
ANEXO VII. Planos de la factibilidad de uso de las vertientes.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación de la parroquia Nayón, en el DMQ	5
Figura 2.1 Ciclo Hidrológico	11
Figura 2.2 Etiqueta de la muestra	15
Figura 2.3 Multiparámetro.....	15
Figura 2.4 GPS	15
Figura 2.5 Turbidímetro	15
Figura 2.6 Medidor de caudal ultrasónico	15
Figura 2.7 Agua destilada.....	15
Figura 2.8 Frascos Ámbar	15
Figura 2.9 Frascos esterilizados	15
Figura 2.10 Guantes de nitrilo.....	15
Figura 2.11 Botellas de hielo	15
Figura 2.12 Piseta	15
Figura 2.13 Cooler con muestras de agua.....	15
Figura 2.14 Clasificación de los sólidos	17
Figura 3.1 Ubicación de las vertientes en la parroquia.....	21
Figura 3.2 Vertientes H-Y. 1 y H-Y.2	22
Figura 3.3 Vista frontal de la Vertiente H-Y.1.	22
Figura 3.4 Muestra una vista frontal de la Vertiente H-Y.2.	23
Figura 3.5 Ubicación de la vertiente y su vista frontal de acceso.....	24
Figura 3.6 Ubicación de la vertiente Amagulo	24
Figura 3.7 Medición del pH	29
Figura 3.8 Medición de la conductividad	30
Figura 3.9 Medición de la Turbiedad	30
Figura 3.10 Medición del Oxígeno Disuelto	30
Figura 3.11 Medición de la demanda química de oxígeno (DQO)	31
Figura 3.12 Medición de la Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	32
Figura 3.13 Determinación de Nitratos.....	33
Figura 3.14 Determinación de Nitritos.....	33
Figura 3.15 Determinación de Aluminio.	34
Figura 3.16 Determinación de Manganeso.....	34
Figura 3.17 Determinación de color verdadero.....	35
Figura 3.18 Determinación de Color aparente.	35
Figura 3.19 Determinación de Cobre	36
Figura 3.20 Determinación de Hierro total.....	36
Figura 3.21 Determinación de fosfatos.....	36
Figura 3.22 Determinación de Sulfatos.....	37
Figura 3.23 Determinación de Nitrógeno Amoniacal	37
Figura 3.24 Determinación de Cloruros.....	38

Figura 3.25 Determinación de la Dureza Total.	38
Figura 3.26 Determinación de Dureza Cálca.	39
Figura 3.27 Determinación de la alcalinidad.....	40
Figura 3.28 Medición del pH.....	41
Figura 3.29 Determinación de Acidez.	41
Figura 3.30 Determinación de sólidos Totales.....	42
Figura 3.31 Determinación de Sólidos Disueltos	43
Figura 3.32 Determinación de sólidos sedimentables.....	44
Figura 3.33 Determinación de sólidos volátiles.	44
Figura 3.34 Determinación de sólidos volátiles.	45
Figura 3.35 Reactivos.	45
Figura 3.36 Preparación del medio de cultivo.	45
Figura 3.37 Prueba Presuntiva	46
Figura 3.38 Resiembra.	46
Figura 3.39 Medio EC	47
Figura 3.40 Tubos contaminados con Coliformes fecales.....	48
Figura 3.41 Determinación del caudal	52
Figura 3.42 Imanes.....	53
Figura 3.43 Uso de las vertientes.....	53
Figura 3.44 Vista en planta de las vertientes H-Y.1 y H-Y.2	55
Figura 3.45 Perfil de la vertiente H-Y.1 hacia las casas con sembríos aledaños.....	56
Figura 3.46 Perfil de la vertiente H-Y.2 hacia el complejo Huertayacu	56
Figura 3.47 Vista en planta de la vertiente Amagulo.....	57
Figura 3.48 Perfil de la vertiente Amagulo hasta el Complejo Monte Aromo.....	57
Figura 3.49 Perfil de la vertiente Amagulo hasta el parque Amagulo.	58
Figura 3.50 Perfil de la vertiente Amagulo hasta las casas con sembríos aledaños.....	58
Figura 3.51 Puntos de distribución del agua en Huertayacu	59
Figura 3.52 Puntos de distribución del agua en Amagulo	59
Figura 3.53 Uso y cobertura del suelo de las Vertientes H-Y.1 y H-Y.2	60
Figura 3.54 Uso y cobertura del suelo de las Vertientes Amagulo	61
Figura 4.1 Análisis de los parámetros en la vertiente H-Y.1	62
Figura 4.2 Análisis de los parámetros en la vertiente H-Y.2.....	64
Figura 4.3 Análisis de los parámetros en la vertiente Amagulo.	65
Figura 4.4 Variación de la turbiedad y sólidos suspendidos.	65
Figura 4.5 Variación de sólidos disueltos y conductividad	66
Figura 4.6 Variación de la temperatura y oxígeno disuelto.....	66
Figura 4.7 Variación del pH.	67
Figura 4.8 Variación de nitratos y fosfatos.	67
Figura 4.9 Variación del manganeso	68
Figura 4.10 Variación del aluminio	68
Figura 4.11 Variación del hierro.....	69
Figura 4.12 Variación del color verdadero y color aparente.	69
Figura 4.13 Variación de la DBO_5 y DQO en las vertientes	70
Figura 4.14 Variación de los sólidos totales.....	71
Figura 4.15 Variación del cloruro en las vertientes	73
Figura 4.16 Variación del coliformes totales en las vertientes.....	74
Figura 4.17 Variación de Coliformes totales y Coliformes fecales.....	75
Figura 4.18 Basura en descomposición aledaño a la vertiente H-Y. 2.....	78

Figura 4.19 Índice de calidad del agua en las vertientes	77
---	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Georreferenciación de la parroquia de Nayón.....	5
Tabla 2.1. Equipos para el muestreo.	19
Tabla 2.2. Materiales utilizados en el muestreo.....	20
Tabla 2.3. Recomendaciones para el muestreo y conservación de la muestra.....	21
Tabla 3.1 Características organolépticas de las vertientes	25
Tabla 3.2 Dimensiones del reservorio de la vertiente H-Y.1.....	26
Tabla 3.3 Dimensiones del reservorio de la vertiente H-Y.2.....	26
Tabla 3.4 Dimensiones del reservorio de agua de la vertiente Amagulo.	27
Tabla 3.5 Coordenadas de las vertientes H-Y y Amagulo	29
Tabla 3.6 Criterios para la medición del volumen.	32
Tabla 3.7 Consideraciones de la Dureza	38
Tabla 3.8 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente H-Y.1.....	48
Tabla 3.9 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente H-Y.2.....	48
Tabla 3.10 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente Amagulo	48
Tabla 3.11 Tubos positivos de Coliformes fecales en la vertiente H-Y.1	48
Tabla 3.12 Tubos positivos de Coliformes fecales en la vertiente H-Y.2	49
Tabla 3.13 Tubos positivos de Coliformes fecales en la vertiente Amagulo	49
Tabla 3.14 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA-NSF"	51
Tabla 3.15 Criterios para el ICA-NSF	51
Tabla 4.1 Resultados obtenidos en cada muestreo.....	62
Tabla 4.2. Primer punto comparación con la normativa vigente.	65
Tabla 4.3 Segundo punto comparación con la normativa vigente.	66
Tabla 4.4 Tercer punto comparación con la normativa vigente.	67
Tabla 4.5 Evaluación del Índice de Calidad del agua en la vertiente H-Y.1	77
Tabla 4.6 Evaluación del Índice de Calidad Ambiental en la vertiente H-Y.2.	78
Tabla 4.7 Evaluación del Índice de Calidad Ambiental en la vertiente Amagulo.....	79
Tabla 4.8 Criterios del agua para uso agrícola.....	81
Tabla 4.9 Factibilidad de uso de las vertientes.....	822

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Porcentaje de <i>DBO5</i>	32
Ecuación 3.2 Demanda Biológica de Oxígeno	33
Ecuación 3.3 Dureza Total.....	39
Ecuación 3.4 Alcalinidad total.....	40
Ecuación 3.5 Determinación de la acidez	41
Ecuación 3.6 Sólidos totales.....	42
Ecuación 3.7 Sólidos disueltos	43
Ecuación 3.8 Cálculo de Coliformes totales	48
Ecuación 3.9 Cálculo de Coliformes totales	49
Ecuación 3.10 ICA-NSF	50
Ecuación 3.11 Velocidad que recorre el objeto en la vertiente Amagulo.	53
Ecuación 3.12 Area de la sección.	53
Ecuación 3.13 Área del rectángulo.	53
Ecuación 3.14 Caudal de la vertiente Amagulo.	53

RESUMEN

Este proyecto de titulación evaluó la calidad del agua de las vertientes Huertayacu y Amagulo, ubicadas en la parroquia Nayón, cantón Quito, en base al índice de calidad del agua, a los caudales disponibles y tipo de sistemas de abastecimiento por gravedad o por bombeo, para determinar la factibilidad de uso, sea doméstico, agrícola, o recreativo.

Se inició con el reconocimiento del lugar de ubicación de las vertientes, con el objetivo de planificar el tipo de muestreo a realizarse, y su frecuencia obteniendo los datos de la estación seca y lluviosa, así como el posible abastecimiento de agua a las zonas más cercanas. Para el análisis de la calidad de agua se realizó un plan de muestreo para cada vertiente en el cual se detallaron el número y tipo de muestra para los diferentes ensayos a realizarse en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental. La periodicidad del muestreo se realizó cada 15 días durante dos meses.

En cada vertiente se evaluaron parámetros *in situ* como: temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, pH, conductividad, sólidos disueltos totales gracias al multiparámetro. Una vez analizados estos parámetros se procedió a recolectar muestras puntuales según lo indicado en el plan de muestreo, para posteriormente realizar el análisis de nutrientes, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, contenido de sólidos y coliformes fecales.

Los resultados obtenidos se compararon con los límites máximos permisibles (LMP) expuestos tanto en la normativa ecuatoriana TULSMA Libro VI, Anexo 1, como en la Norma INEN 1108 - 2011. Determinando así el cumplimiento en todos los parámetros a excepción de: manganeso, cloruros y oxígeno disuelto, para las 3 vertientes.

Mediante el uso de software como: Civil 3D, ARGIS, *Google Earth* se realizaron perfiles que detallan la factibilidad de cada vertiente para abastecer las zonas beneficiadas por el recurso hídrico de éstas vertientes.

Los resultados obtenidos en la evaluación del Índice de calidad del agua (ICA-NSF) en las vertientes de Huertayacu 1 y Huertayacu 2, mostró que el agua es de buena calidad, sin embargo, no cumple con los parámetros para consumo humano sin un previo tratamiento, en cuanto a la vertiente Amagulo también conocida como Amabulo, su calidad es regular por lo que requiere un tratamiento de potabilización antes de consumirla.

Los resultados determinaron que la vertiente Huertayacu 1 es apta para consumo humano, recreativo y pecuario. En cuanto a la vertiente Huertayacu 2 su uso sería

pecuario y recreativo y en la vertiente Amagulo su posible uso es para consumo humano, pecuario y recreativo, ninguna de las vertientes puede ser utilizada para riego por su alto contenido de manganeso que es tóxico para las plantas.

No se pudo realizar la socialización de los resultados y análisis realizados en las vertientes, debido a que el país se encuentra en estado de emergencia a causa del Covid-19, por este motivo se planea realizar la socialización cuando las autoridades pertinentes permitan realizar reuniones presenciales.

Palabras clave: Calidad del agua, factibilidad de uso del agua, muestreo, vertientes.

ABSTRACT

This project evaluated the quality and factibility of using the Huertayacu and Amagulo springs, in the Nayón parish, located northeast of the city of Quito, based on the water quality index, available flows and type of water systems. supply by gravity or by pumping.

It began with the recognition of the location of the slopes, with the objective of planning the type of sampling to be carried out, its frequency and the data of the dry and rainy seasons, as well as the possible water supply to the closest areas.

For the analysis of water quality, a sampling plan was carried out for each slope, detailing the number and type of samples for the different tests carried out at the Environmental Engineering Teaching Laboratory. The periodicity of the sampling was carried out every 15 days for two months. On each slope parameters were evaluated *in situ* such as: temperature, dissolved oxygen (DO), turbidity, pH, conductivity, total dissolved solids with the multi-parameter. Once these parameters have been analyzed, simple samples were processed and collected as indicated in the sampling plan, the nutrient analysis, the biochemical oxygen demand (BOD5), the chemical oxygen demand (COD), the content of fecal fibers and coliforms in the Environmental Engineering Teaching Laboratory.

The results obtained were compared with the maximum permissible limits (LMP) established, both in the Ecuadorian regulation TULSMA Book VI, Annex 1, and in the INEN 1108 - 2011 Standard. Thus determining compliance with the maximum limits allowed in all parameters, except: manganese, chlorides and dissolved oxygen.

Using programs such as: Civil 3D, ARGIS, Google Earth, profiles were made that show the dimensions of the slopes and the delivery points, to determine the viability of using the slopes.

The results obtained in the evaluation of the Water Quality (ICA-NSF) on the slopes of Huertayacu 1 and Huertayacu 2 indicate that the water is of good quality, but it does not meet the parameters for human consumption Without a previous treatment, regarding the Amagulo slope, its quality is regular, so it is necessary to carry out a purification treatment before consuming it.

The results determine that the Huertayacu 1 slope is for human, recreational, and livestock consumption, as for the Huertayacu 2 slope, it would be used for livestock and recreation, and in the Amagulo slope, its possible use is for human, livestock, and recreational consumption, none of the slopes can be used for irrigation due to its high manganese content, which is toxic to plants.

The socialization of the results obtained from the analyzes perform on the slopes could not be realized, because the country is in an emergency due to Covid-19, for this reason it is planned to carry out the socialization when the pandemic is under control.

Key Words: Quality of water, feasibility and use of water, sampling, slopes.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el agua es un recurso vital para el mantenimiento de la vida sobre el planeta tierra, los seres humanos lo usan ya sea para consumo diario, riego o uso recreativo, por este motivo es de suma importancia su conservación (Díaz, 2007).

El agua para consumo humano debe estar libre de impurezas y ser accesible para todas las personas sin distinción de género, poder económico y localidad, pero en la gran mayoría de países subdesarrollados es un recurso limitado (Auge, 2007).

Un 70% del total de la extensión de nuestro planeta Tierra es agua, solo el 3% es dulce, y de este el 1% es apta para el consumo humano, previo a un tratamiento de potabilización, según la (OMS & UNICEF, 2019), 2000 millones de personas tienen acceso a un cuerpo hídrico contaminado principalmente por coliformes fecales, provocando enfermedades graves como diarrea, cólera, poliomielitis, tifoidea, entre otros, por eso es de suma importancia evaluar su calidad y factibilidad de uso.

El agua también puede sufrir contaminación por infiltración, muchas de las fuentes de agua son subterráneas, pero al estar ubicada en sectores poblados, se contaminan por descargas residuales, pesticidas o incluso por residuos que se encuentra alrededor de las fuentes.

El actual proyecto de titulación realizó la evaluación de la calidad del agua y factibilidad de uso de dos fuentes naturales, de origen subterráneo, ubicadas en la parroquia Nayón, que se encuentra ubicada al nororiente del DMQ, considerando su ubicación, cantidad y calidad. La parroquia Nayón se encuentra a 16,1 km del DMQ, cuenta con una población de 15.635 habitantes, asentados en mayor proporción en el centro de la parroquia (Gualán, 2017, pág. 18).

Esta parroquia cuenta con algunas vertientes naturales, varias de ellas nacen en el lado este del río San Pedro, como es el caso de las vertientes Huertayacu y Amagulo, que actualmente constituyen un gran potencial hídrico en el sector, sin embargo no han sido aprovechadas, debido a la escasa o nula información que poseen sobre su calidad, cantidad y factibilidad de usos que podría darse en el sector (GAD Nayón, 2018).

La figura 1.1, presenta la ubicación de la parroquia de Nayón, dentro del DMQ y la Tabla 1.1, muestra las coordenadas geográficas de la parroquia.

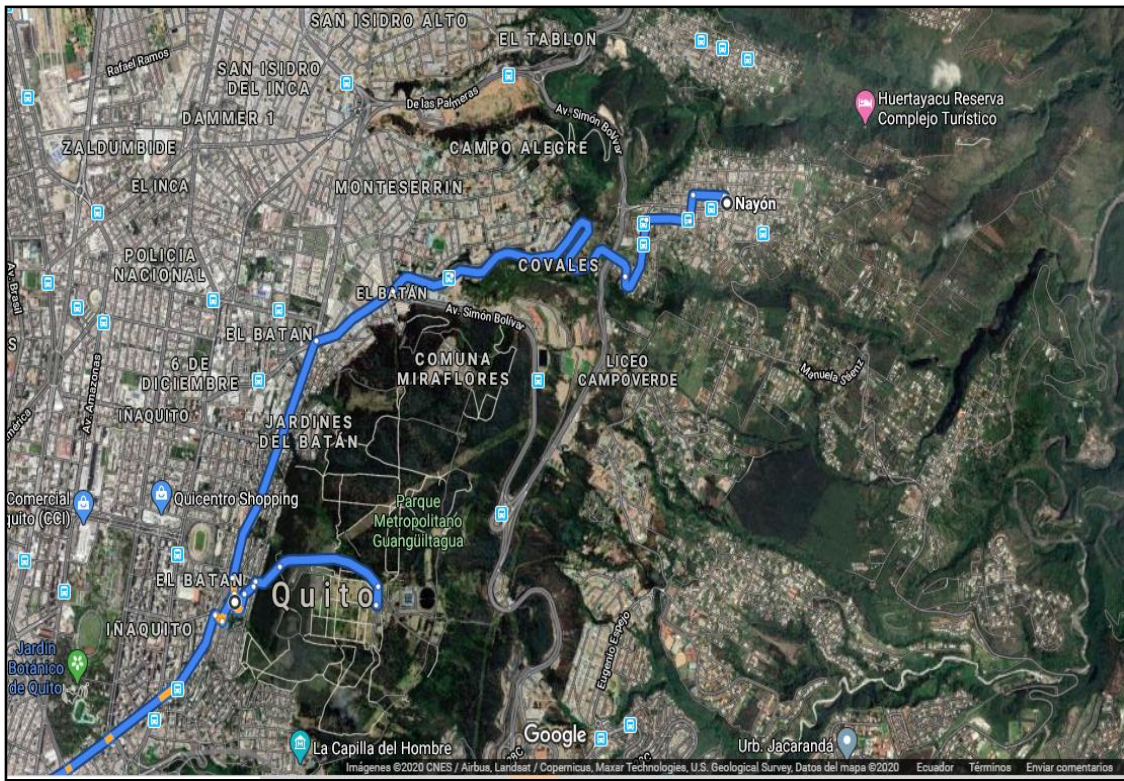


FIGURA 1.1 Ubicación de la parroquia Nayón, en el DMQ, (Google Earth, 2020).

Tabla 1.1 Georreferenciación de la parroquia de Nayón (Quijia, 2012).

Datos Georeferenciales	
Norte	Parroquia de Zámiza
Sur	Parroquia de Cumbayá
Este	Parroquia de Tumbaco
Oeste	Distrito Metropolitano de Quito
Población	15.635 habitantes
altitud	2.588 msnm
Superficie	15.66 km ² ,

Dentro del complejo turístico Huertayacu, a 1km de distancia desde el parque de Nayón, se encuentran localizadas dos vertientes de agua: Huertayacu 1 y Huertayacu 2. Su acceso puede limitarse, puesto que se encuentran en una montaña con gran cantidad de vegetación cerca del río Machángara.

La vertiente Amagulo, se encuentra localizada en una ladera, junto a los ríos San Pedro y Machángara, en San Pedro de Nayón, a 2,5 km del parque central, es de tipo subterránea, su topografía es irregular ubicándose en una zona de alta pendiente dificultando así su acceso.

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente la escasez del agua es un problema complejo, debido a que es un recurso indispensable para la estabilidad, desarrollo, crecimiento y la subsistencia de las naciones, además su escasez en algunas regiones del planeta por el crecimiento desorganizado de las poblaciones, están afectando al ciclo hidrológico, razón por la cual es fundamental revisar los mecanismos para revertir el agotamiento de este vital recurso (Monforte & Cantu, 2009).

En cuanto al agua potable y saneamiento uno de los más grandes problemas que enfrenta el mundo actualmente, es la debilidad por parte de los estados en acciones de prevención, conservación y la no sostenibilidad de los proyectos en esta materia, pues durante los períodos de crisis, los gobiernos reducen o dejan de invertir económicamente en el desarrollo de estos servicios, poniendo en riesgo su prestación y acceso de los ciudadanos a recursos básicos como el agua potable (Moscoso, 2017).

Las aguas subterráneas se originan principalmente de la precipitación que se infiltra directa o indirectamente en la superficie del suelo. (Foster, 2007). Una de las principales causas por la que se ven alteradas las características físicas y químicas de las vertientes subterráneas son: el vertimiento de aguas residuales, la disposición final de residuos sólidos formando lixiviados, agroquímicos y nutrientes utilizados en la agricultura que debido a la escorrentía se filtran en los cuerpos de agua. El origen de estos vertimientos, potencialmente son los asentamientos humanos irregulares, procesos industriales, comerciales, y agropecuarias (CEPAL, 2015).

Dos de los más importantes problemas que inciden en desarrollo sostenible de la sociedad son la degradación de los cuerpos hídricos, así como los ecosistemas que surgen a partir de ellos. Incurren en esta problemática un aumento poblacional desorganizado, la creciente demanda de agua potable y el incumplimiento y ausencia de normas y sanciones a los autores de impactos ambientales negativos sobre la naturaleza.

En el Ecuador se encuentran lugares en donde el único recurso para abastecer de líquido vital a la población o para su utilización en la agricultura es el agua subterránea, por lo

que se constituye un recurso vital para la alimentación, así como de carácter primordial para la existencia de los ecosistemas.

1.2. Justificación

En el Ecuador, la Constitución del 2008, Art. 12 identifica al agua como un derecho humano, vital, es decir los ciudadanos están en la obligación de coexistir en un entorno dónde exista agua limpia y segura (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008, pág. 24).

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial N°.305, artículo 18 literal o, menciona: Asegurar la protección, conservación, manejo integrado y aprovechamiento sustentable de las reservas de aguas superficiales y subterráneas (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014, pág. 7).

Por lo tanto, la conservación de una vertiente natural de agua, no es solo un derecho a nivel ambiental y social, sino que es fundamental para el mantenimiento de la vida en el planeta Tierra.

Por esta razón, para conocer si el agua proveniente de estas vertientes es apta para el consumo de los pobladores de Nayón, para su seguridad alimentaria a través del riego, o para uso recreativo, es importante conocer la calidad y cantidad del agua, a través del análisis de parámetros físico-químicos y biológicos (TULSMA; 2015).

Huertayacu y Amagulo son dos vertientes de agua que se encuentran ubicados en la parroquia de Nayón. Huertayacu se localiza en un complejo turístico en el centro de Nayón, y es utilizada para la crianza de truchas, que son consumidas por habitantes de la parroquia y personas extranjeras que visitan el sector. La vertiente Amagulo se localiza en una zona rural de Nayón, no ha sido aprovechada desembocando así en el río Machángara.

El presente proyecto de titulación busca proporcionar información sobre el estado actual de la calidad y cantidad de las tres vertientes naturales, con el fin de evaluar los posibles usos, sea para consumo humano, riego, recreación, etc. y así generar estrategias enfocadas a su conservación y aprovechamiento.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de agua y la factibilidad de uso de las vertientes Huertayacu y Amagulo, mediante el uso de indicadores físico-químicos y microbiológicos, para determinar la factibilidad de uso.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el agua en las vertientes Amagulo y Huertayacu.
- Determinar el Índice de Calidad del Agua mediante la medición de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.
- Determinar la factibilidad de uso del agua de las vertientes, ya sea para consumo humano o riego.
- Socializar la factibilidad de uso de las vertientes con la comunidad, mediante charlas de inducción ejecutadas por los autores del proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El agua

El agua es un recurso renovable esencial para la continuidad de la vida animal y vegetal, es considerada como disolvente universal (Díaz, 2007).

El agua es utilizada de diversas formas, puede ser para consumo humano, uso doméstico, producción de alimentos o con fines recreativos, para ello debe ser salubre y de fácil acceso a la población. Es de gran importancia que su abastecimiento, saneamiento y gestión sean mejorados con el paso del tiempo, ya que esto contribuye al crecimiento económico de los países y la reducción de la pobreza de estos (OMS, 2018).

El agua posee cualidades únicas, cubre alrededor de un 70% de la superficie total de la tierra y esencial en el medio natural al estar presente en los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la naturaleza. Se estima aproximadamente 1.386 millones de km³ es el volumen de agua que se encuentra en la hidrosfera. El 96,5% de este volumen se puede encontrar en los océanos como agua salada y el 3,5% restante se presenta como agua dulce. De este último porcentaje el 69% se presenta en forma sólida en los glaciares, un 30% se encuentran como agua subterránea quedando apenas un 1% conformando ríos y cuerpos hídricos (Marín, 2018).

El consumo y demanda de este recurso renovable, va en aumento y sus fuentes de abastecimiento se encuentran amenazadas por actividades antropogénicas. Se requiere entonces una gestión apropiada y un monitoreo constante de su calidad (Rojas, Macías, & Fonseca., 2010).

2.2. Fuentes de agua

2.2.1. Aguas Subterráneas

Se denomina agua subterránea a la acumulación de agua presente bajo la superficie terrestre, esta puede ser recolectada por medio de perforaciones, túneles o galerías de drenaje así como también puede fluir naturalmente hacia la superficie en forma de manantiales (Ordoñez, 2011).

2.2.2. Aguas Superficiales

El agua resultante de la precipitación que no se infiltra ni regresa a la atmosfera por medio de la evaporación se la denomina agua superficial, se la puede encontrar en formas de ríos, lagos, embalses, lagunas estuarios y océanos (Ordoñez, 2011).

2.3. Importancia del agua

El agua es un recurso vital para la ejecución de los procesos de la vida en el planeta, así como su injerencia en los ecosistemas. La sociedad depende de este recurso para realizar actividades tales como: agricultura, producción de energía, industria, transporte para asegurar el crecimiento económico y prosperidad de su nación (Paredes, 2013).

2.3.1. Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es el movimiento del agua, ya sea por debajo o por encima de la superficie terrestre, se presenta en forma de hielo, agua líquida o vapor de agua (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, pág. 12).

El agua se mueve constantemente, se evapora en la atmósfera por medio de las plantas y finalmente se recicla como lluvia o nieve. El agua subterránea se considera como una fuente principal de agua potable para un gran número de personas y para el uso en diversas actividades en su vida cotidiana (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, pág. 12).

El tiempo que se demora el agua superficial en recargarse puede variar de algunos meses o años, posteriormente se rehabilita, mientras que el periodo de reciclaje del agua subterránea puede tardar cientos de años, una vez que se han degradado las aguas subterráneas puede llegar a ser difícil o incluso imposible que estas aguas vuelvan a tener sus características iniciales (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010, pág. 14).

La figura 2.1, muestra el ciclo hidrológico, donde se observan los procesos de evaporación, condensación, precipitación, escorrentía e infiltración, que atraviesa el agua.

2.4. Usos del agua

2.4.1. Calidad del agua

La calidad del agua se determina mediante muestreos, análisis en laboratorio e interpretación y análisis de resultados para conocer cuáles son las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua (Cárdenas, 2005). En la figura 2.1 se visualiza el ciclo hidrológico del agua.

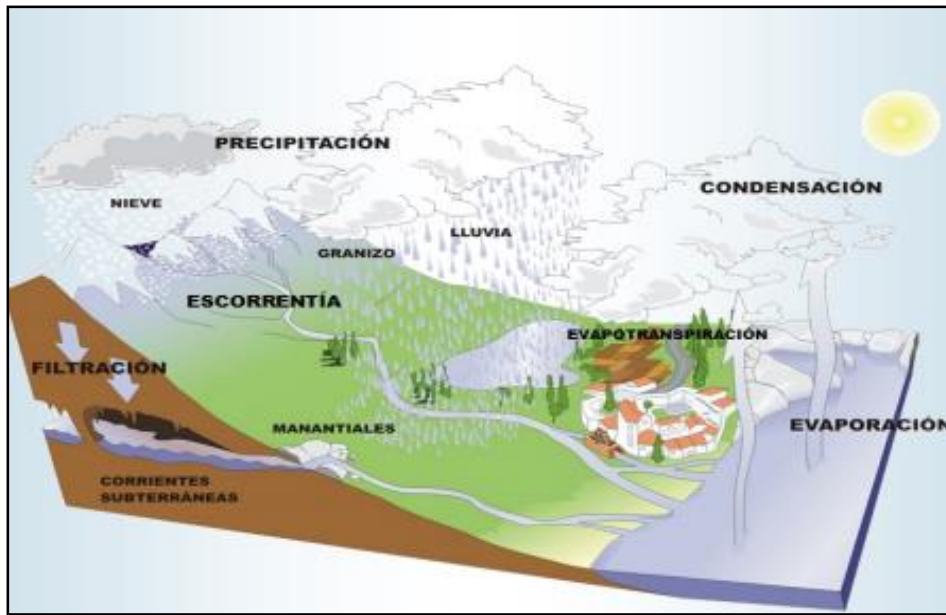


Figura 2.41 Ciclo Hidrológico (Ordoñez, 2011).

2.4.2. Indicadores de la calidad del agua

La normativa ecuatoriana que se va a utilizar son: Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA) Libro VI, Anexo 1 y la Norma INEN 1108:2011.

2.4.3. Calidad del agua para consumo humano

El agua para consumo humano debe de cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en las normas ambientales vigentes. En caso que los parámetros establecidos no cumplan con la normativa, se debe de someter a un tratamiento, para evitar daños a la salud de las personas que van a consumir este recurso (Romero, 2009, pág. 389).

2.4.4. Calidad del agua para uso agrícola

El agua para uso agrícola depende del suelo y cultivo que se va producir, por este motivo se debe controlar el agua para irrigación, la cual se ve afectada por las siguientes características (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 389):

- Concentración total de salinidad (Romero, 2009, pág. 389).
- Proporción relativa de sodio (Romero, 2009, pág. 389).
- Relación entre concentración de bicarbonatos y dureza.
- Concentración de boro y otros elementos tóxicos (Romero, 2009, pág. 389).

Salinidad

Afecta a la disponibilidad del agua para el cultivo, a mayor concentración de sales en el agua, altera la calidad del suelo, generando así la reducción del crecimiento y producción

del cultivo. El agua con baja salinidad se puede usar en cualquier tipo de suelo (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 390).

Boro

El boro en concentraciones mínimas es esencial para el desarrollo de las plantas, pero en algunas especies de plantas el boro es tóxico, por este motivo es necesario medir su concentración (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 395).

Cloruros

Los cloruros son absorbidos por las plantas y se acumulan en las hojas provocando que las hojas se quemen cuando su concentración es alta (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 395).

2.4.5. Calidad del agua para uso pecuario

Existen diversos factores de influencia sobre la calidad de agua para uso pecuario como el clima, tipo de especie, edad del animal, etc.

2.4.6. Calidad del agua para uso recreativo

El agua para uso recreativo tiene que ser estéticamente aceptable, libre de sustancias flotantes, sin color, olor y libre de organismos patógenos. Dado que el agua se utiliza en diversas actividades recreativas es necesario establecer programas que contribuyan al mantenimiento y cuidado de la calidad del agua (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 409).

2.5. Introducción al muestreo

La calidad del agua se determina mediante procedimientos descritos en el plan de muestreo el cual consta de dos procesos principales: análisis en el laboratorio e interpretación de resultados. Para conocer la calidad del agua de las vertientes se debe de tomar varias muestras representativas. Los análisis realizados *in situ* son considerados como la mejor representatividad ya que estos datos fueron obtenidos directamente en la fuente. Las operaciones de muestreo son fundamentales, por cuanto varios de los análisis a realizarse comprenden equipos o métodos cuyo traslado o medición en las fuentes no es posible (Cárdenas, 2005, pág. 23).

El objetivo principal del muestreo, es extraer de las vertientes una cantidad de muestra representativa, suficiente para poder realizar todos los ensayos que se requieran y que pueda ser transportada con facilidad, en un intervalo de tiempo considerable para que su composición no varíe antes de realizar los ensayos (Cárdenas, 2005, pág. 24).

2.5.1. Identificación de la muestra

Cada uno de los recipientes que contenía las muestras fueron tapados cuidadosamente, así como rotulados y codificados según el lugar donde fueron tomadas las muestras.

- Código de la muestra
- Lugar donde se tomó la muestra
- Fecha de recolección
- Hora de recolección
- Preservantes adicionados
- Nombre del recolector

2.5.2. Tipos de muestras

Son fundamentales para indicar la calidad del agua, mediante la determinación de los parámetros en un tiempo y lugar específicos (INEN, 2013).

2.5.2.1. Muestra Puntual

Una muestra puntual es la que se toma en un determinado tiempo y espacio, reflejan las características instantáneas del cuerpo de agua de donde proceden (Cárdenas, Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales, 2005).

2.5.2.2. Muestra compuesta

Es la unión de una o más muestras puntuales, puede estar compuesta en función del tiempo, espacio o caudal. Una muestra compuesta en respecto al tiempo es la mezcla de varias muestras puntuales, tomadas en un mismo lugar pero en diferentes instantes de tiempo (Cárdenas, 2005, pág. 56).

Una muestra compuesta en función al espacio es la mezcla de varias muestras puntuales, tomadas en diferentes puntos pero un mismo intervalo de tiempo (Cárdenas, 2005, pág. 56).

2.5.3. Preservación y transporte de muestras

Una vez tomadas las muestras, si estas no pueden ser analizadas inmediatamente es recomendable conservarlas en recipientes adecuados a 4^o C hasta llegar al laboratorio y realizar los ensayos. En caso de utilizarse conservantes químicos estos deben añadirse de forma correcta sin alterar las características de la muestra (Ramirez, 2007).

2.5.3.1. Intervalo de tiempo entre la toma de la muestra y los análisis

Los resultados son más precisos, siempre que el tiempo sea menor entre la toma de la muestra y su análisis. Para evaluar los parámetros físicos se requiere de un análisis inmediato en campo. Para evitar que existan cambios en el crecimiento de los

microorganismos, se debe de almacenar la muestra en un lugar oscuro y a baja temperatura, para conservar así las características propias de la fuente (Ramirez, 2007).

2.5.4. Naturaleza del cambio en la muestra

La naturaleza del cambio de la muestra se debe a sustancias como el cinc, cobre, hierro, aluminio, manganeso, etc., que se ven afectados durante la conservación al ser absorbidos por las paredes de los envases de vidrio. Los cambios biológicos que se producen en la muestra pueden ocasionar oxidación en algunos de sus componentes (Ramirez, 2007).

2.5.5. Técnicas de conservación

Es recomendable conservar las muestras a una temperatura de 4°C, si no es posible realizar en ese instante los análisis de laboratorio, se debe tomar en cuenta que el uso de preservantes químicos puede alterar los resultados de la muestra a analizar.

Las muestras se deben de conservar en un lugar oscuro y a bajas temperaturas para evitar que existan cambios representativos en los microorganismos presentes en la muestra, para evitar que las sustancias orgánicas volátiles desaparezcan, no debe de existir espacios vacíos dentro del envase (Ramirez, 2007).

La Tabla 2.3, presenta una compilación de normas estándares para el muestreo y preservación de muestras en campo, para los parámetros de calidad del agua.

Tabla 2.3. Recomendaciones para el muestreo y conservación de la muestra (Ramirez, 2007).

Parámetros	Envase	Volumen Mínimo de la Muestra (ml)	Preservación	Tiempo Máximo de Almacenamiento
Alcalinidad	Plástico o vidrio	100	4 °C	14 días
Solidos suspendidos	Plástico o vidrio	400	4 °C	7 días
Sulfatos	Plástico o vidrio	100	4 °C	28 días
Nitrato y nitrito	Plástico o vidrio	150	4 °C	28 días
Amoniaco	Plástico o vidrio	150	H ₂ SO ₄ pH <2	28 días
Solidos disueltos totales	Plástico o vidrio	250	4 °C	7 días
Dureza	Plástico o vidrio	250	Sin filtrar 4 °C Filtrando 4 °C, HNO ₃ pH <2	48 horas
DBO	Vidrio	5000	4 °C	48 horas
DQO	Plástico o vidrio	10	Tan pronto se posible caso contrario con H ₂ SO ₄ pH <2 ; >0°C, ≤ 6°C	28 días
Coliformes totales	Plástico	100	4 °C 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃	24 horas
Coliformes fecales	Plástico	100	4 °C 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃	24 horas
Metales (Zn, Mn, Al, Cu, Fe)	Plástico o vidrio	500	Refrigerar, agregar HNO ₃ hasta pH <2	6 meses

2.6. PARAMETROS FÍSICOS

2.6.1. Conductividad

Se denomina conductividad eléctrica del agua como la expresión numérica de su capacidad gracias a la cual transporta una onda o corriente eléctrica, dicha capacidad se da gracias al número de iones presentes en el agua, así como de la variación de temperatura que se da al realizar su medición (Cárdenas, 2005).

2.6.2. Turbidez

A la medida de la pérdida de su transparencia ocasionada por material que se encuentre en suspensión o particulado el cual es arrastrado por la corriente se conoce como turbidez. La turbiedad tiene varias características, una de ellas es hacer que los rayos luminosos se dispersen y se absorban a través de una muestra, gracias a las propiedades ópticas del agua (Sierra, Bertel, & Barrios, 2013).

El desarrollo de la vida acuática se ve afectado por la turbiedad debido a que si se reduce la intensidad y penetración de la luz en los cuerpos hídricos, este interrumpe el crecimiento de vida vegetal en el agua, en cual constituye el alimento principal de los peces (Cárdenas, 2005, pág. 59).

2.6.3. Temperatura

Este parámetro es uno de los más importantes en el agua, debido a que interviene principalmente en el retardo o aceleración de actividad microbiana, precipitación de compuestos, desinfección y etapas de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Martel, 2015)

2.7. PARAMETROS QUIMICOS

2.7.1. Potencial hidrógeno

El pH es un parámetro que indica la concentración de iones hidrogeno presentes en el agua, expresa la intensidad de la condición acida o alcalina de una solución, pero no determina el valor de la acidez total, ni alcalinidad total en la sustancia.

La escala del pH varía entre 0 a 14 en soluciones acuosas, cuando el pH es mayor a 7 se considera alcalino, si es menor a 7 se considera ácido y si es igual a 7 se considera neutro (Chacón, 2016, pág. 52).

2.7.2. Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

La Demanda biológica de oxígeno nos permite conocer la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos, para degradar la materia orgánica, en condiciones aerobias en un periodo de 5 días (Romero, Calidad del Agua, 2009, pág. 175).

2.7.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO es una medida aproximada del contenido total de materia orgánica presente en una muestra de agua, en condiciones normales puede ser degradada lentamente, para su determinación la materia orgánica es oxidada utilizando una sustancia química y no microorganismos (Cárdenas, 2005, pág. 141).

2.7.4. Oxígeno disuelto (OD)

El oxígeno disuelto nos permite determinar la existencia de condiciones aerobias y anaerobias en el agua, su presencia es vital para mantener formas superiores de vida. El oxígeno disuelto varía inversamente proporcional a la temperatura, si existe mayor temperatura la concentración de oxígeno disuelto disminuirá (Romero, 2009, pág. 173).

2.7.5. Nitratos

En aguas naturales los nitratos pueden estar presentes en concentraciones traza o ppm. Cuando los nitratos se encuentran en concentraciones mayores a 10 ppm, pueden causar metahemoglobinemia, esta enfermedad afecta a los niños y se da por consumir este tipo de agua. Los nitratos constituyen la especie nitrogenada que predomina en cuerpos de aguas naturales (Cárdenas, 2005).

2.7.6. Color

Se puede evidenciar color en el agua cuando este está presente como solución de varias sustancias, por ejemplo: iones metálicos naturales, materia orgánica y humus. El color verdadero es el color de la muestra una vez que se ha removido su turbidez, mientras que el color aparente es el color debido al material en suspensión (Romero, 2009, pág. 109).

2.7.7. Contenido de Sólidos

Los sólidos pueden estar presentes en una muestra de agua y se clasifican como: sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables (Cárdenas, 2005, pág. 60). La figura 2.14, presenta el proceso para determinar la cantidad de sólidos presentes en la muestra de agua de las vertientes.

2.7.7.1. Sólidos totales (ST)

El término de sólidos es definido como la materia resultante una vez que la muestra de agua ha sido evaporada y secada a una temperatura de 105 °C. El valor obtenido de los sólidos totales abarca tanto material disuelto como material no disuelto (Cárdenas, 2005, pág. 62).

2.7.7.2. Sólidos disueltos (TDS)

En cuerpos de agua natural los sólidos disueltos están presentes como sales minerales, que es disuelta cuando el agua entra en contacto con el suelo, incrementa la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Se encuentran relacionado con la conductividad y el color verdadero del agua (Cárdenas, 2005, pág. 63).

2.7.7.3. Sólidos suspendidos (SS)

Este tipo de sólidos están conformados por partículas que se mantienen dispersas en el agua. La principal diferencia entre los sólidos suspendidos y sólidos sedimentables, es que los sólidos suspendidos no son sedimentados por efecto de la gravedad cuando el agua se encuentra en reposo (Cárdenas, 2005, pág. 61)

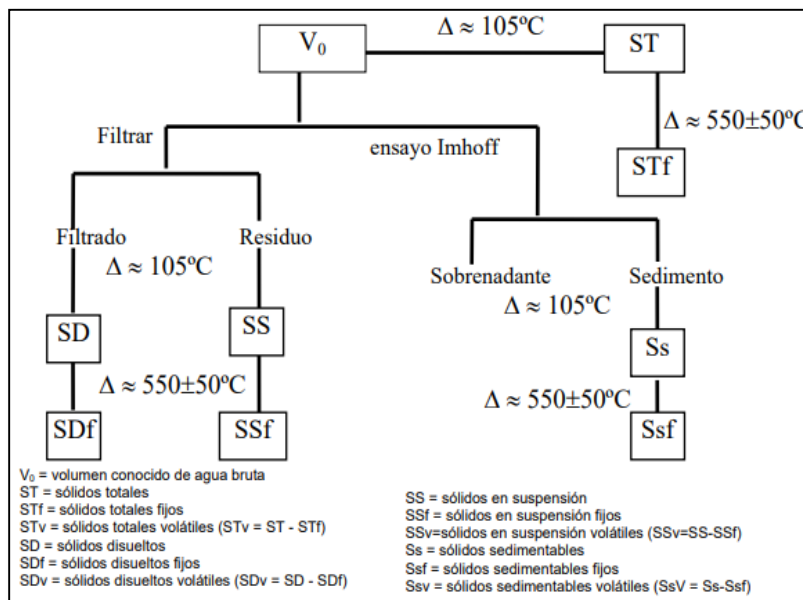


Figura 2.2 Clasificación de los sólidos (Cárdenas, 2005).

2.7.7.4. Sólidos sedimentables (SS)

Los sólidos sedimentables están formados por partículas más densas que el agua, por acción de la gravedad tienden a sedimentarse rápidamente, cuanto mayor es la turbulencia en el agua mayor va a ser su contenido de sólidos sedimentables (Cárdenas, 2005, pág. 60).

2.7.8. Nitritos

Se dan principalmente por la oxidación incompleta del nitrógeno que se encuentra presente en el agua, a los nitritos se los puede encontrar en bajas condiciones de oxidación, a comparación de los nitratos, los nitritos son menos solubles y más estables (Avila & Cabrera, 2015).

2.7.9. Fosfatos

El ion fosfato está presente en forma de mineral en un cuerpo de agua, estos se forman a partir del fósforo inorgánico el cual constituye de forma directa en el ciclo del fósforo en el ambiente. Se puede evidenciar este elemento en fragmentos sueltos y en cuerpos de microorganismos acuáticos (Bolaños, 2017).

2.7.10. Aluminio

Según la (OMS, 1999) el elemento metálico con mayor concentración, así como también el que constituye el suelo de la corteza terrestre es el aluminio. Este elemento contiene sales que son utilizadas para dar tratamiento al agua ya que realizan la función de coagulantes reduciendo así exitosamente la cantidad de materia orgánica, color, turbidez y microorganismos.

2.7.11. Hierro y manganeso

Los cuerpos de agua que presentan concentraciones de hierro y manganeso una vez que entran en contacto con el aire, se evidencia en el agua cierto tipo de turbidez las cuales son inaceptables para el consumo. En las aguas subterráneas al obtener valores elevados de manganeso y hierro se debe a la poca concentración de oxígeno disuelto y al alto contenido de CO₂ (Romero, Calidad del Agua , 2009).

2.7.12. Cloruros

Los cloruros son aniones que se encuentran con frecuencia en aguas naturales en concentraciones que varían desde ppm hasta varios gramos por litro. En aguas subterráneas la concentración de iones de cloruros es mayor, debido a que está relacionada con la litología predominante y el tiempo de permanencia del agua en el acuífero (Cárdenas, 2005, pág. 111).

2.7.13. Sulfatos

En aguas naturales el calcio y magnesio se presentan como los sulfatos más abundantes siendo así la causa principal de la formación de la dureza del agua. Cuando existen altas concentraciones de sulfatos en el agua estos causan un sabor amargo provocando un efecto laxante, causando así daños a la salud (Romero, 2009, pág. 152).

2.7.14. Nitrógeno Amoniacal

Una vez degradado el nitrógeno orgánico este da paso a la formación del nitrógeno amoniacal, el cual gracias a la acción ejercida por las bacterias, es oxidado gradualmente hasta convertirse en nitritos y por último en nitratos (Gonzales, 2013).

2.7.15. Dureza

Los metales alcalinotérreos son evidenciados gracias a la presencia de la dureza en el agua. A partir de estos elementos los más abundantes alcalinotérreos son el calcio y el magnesio los cuales están presentes en las aguas continentales (Cárdenas, 2005, pág. 101).

2.7.16. Cobre

Una de las propiedades más importantes del cobre es que este elemento se encuentra en forma natural en las aguas superficiales en concentraciones menores a un mg/L, estas concentraciones no ocasionan efectos negativos a la salud, sin embargo, si se supera los límites máximos permisibles de la norma de calidad del agua, puede generar lesiones renales a largo plazo (Martel, 2015, pág. 27).

La concentración de cobre en el agua se da fundamentalmente por la corrosión producida en las cañerías de las viviendas (Martel, 2015, pág. 27).

2.7.17. Alcalinidad

La función principal de la alcalinidad es neutralizar ácidos en el agua. La concentración de alcalinidad se ve influenciada por la variación del pH y de la temperatura, este parámetro es de vital importancia, si sus concentraciones son bajas, el agua se vuelve sensible a una posible contaminación (Martel, 2015, pág. 17).

2.7.18. Acidez

La función principal de la acidez en el agua es el de neutralizar bases rápidamente. El CO₂ es la causa principal de acidez en el agua, el cual se encuentra disuelto debido a las reacciones producidas por los coagulantes que son usados en el tratamiento de aguas (Romero, Calidad del Agua , 2009, pág. 123).

2.8. PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS

2.8.1. Coliformes Totales

Los coliformes totales están presentes en un cuerpo de agua como bacterias Gram-positivas las cuales fermenta la lactosa a una temperatura alrededor de 35 a 37 °C, produciendo gas (CO₂) al paso de 1 día, se encuentran también presentes bacterias aerobias y anaerobias facultativas, las cuales se presentan como oxidasa negativa. Su característica principal es que no forman esporas y su actividad enzimática está presente en todos sus procesos. Las más comunes son Escherichia coli, Citrobacter enterobacter y Klebsiella (Larrea, 2013).

2.8.2. Coliformes Fecales

La presencia de coliformes fecales se da principalmente por la contaminación bacteriana que se encuentra presente en una muestra de agua causados en su gran mayoría por desechos de alcantarilla y excremento. Su concentración en las fuentes de agua indica contaminación por bacterias patógenas y el consumo de esta puede producir enfermedades en la población como el cólera y la gastroenteritis, entre otras (Pinilla, 2003, pág. 224)

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Descripción y ubicación de las vertientes Huertayacu y Amagulo

Las vertientes Huertayacu 1 y Huertayacu 2, se encuentran ubicadas dentro del complejo turístico del mismo nombre, el agua proveniente de Huertayacu 2 está localizada a unos 8 metros de altura del río Machángara, esta vertiente es utilizada por el propietario del complejo, para la crianza de truchas y para su uso recreativo en la piscina del complejo. En cuanto a la vertiente Huertayacu 1 esta se encuentra localizada a 40 metros del área recreativa del complejo, está rodeada de árboles de limón y naranja, mientras que la vertiente Amagulo se encuentra ubicada en el barrio San Pedro del Valle a 2.5 km de distancia desde del parque de Nayón, esta vertiente es de difícil acceso, debido a que su terreno es irregular, esto se debe a que los moradores del sector queman la vegetación existente para tener tierra firme y así utilizarla con fines agrícolas, la vertiente se encuentra ubicada en la parte inclinada de la montaña junto al río San Pedro y Machángara. En la figura 3.1, se puede visualizar las tres vertientes que son analizadas para la posible utilización del agua en el sector.

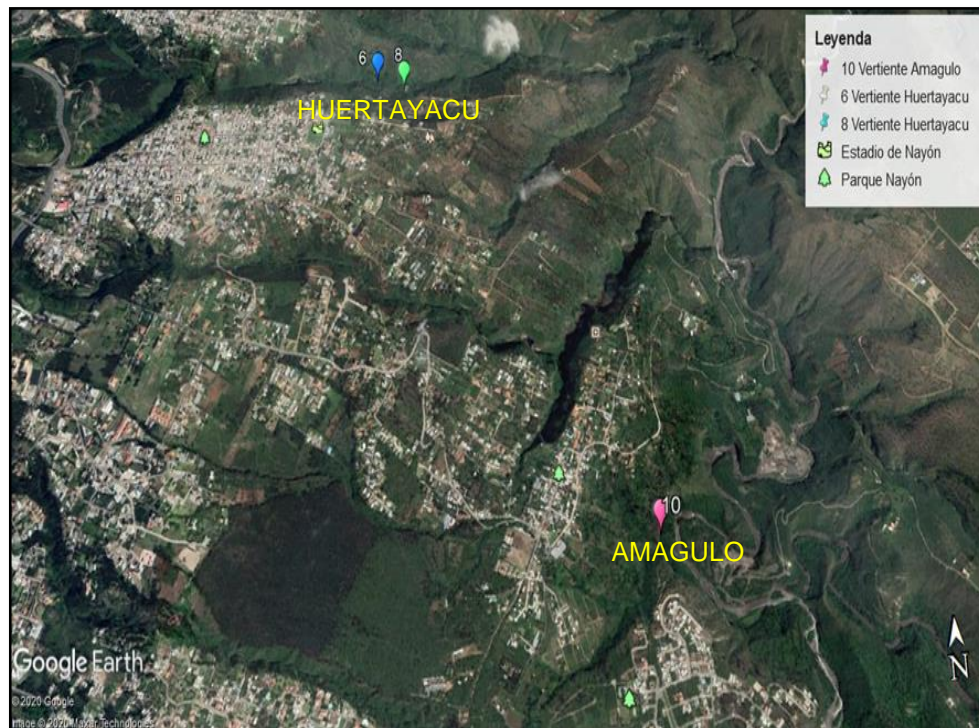


Figura 3.1 Ubicación de las vertientes en la parroquia (Google Earth, 2020).

En la Tabla 3.1, se visualizan las características organolépticas de las vertientes.

En la figura 3.2, se puede visualizar las dos vertientes de agua que se encuentran ubicadas dentro del Complejo Huertayacu.

El agua se encuentra almacenada en un túnel de suelo erosionado, y que visiblemente contiene gran cantidad de sólidos. La figura 3.3, muestra una vista frontal de la vertiente, y la Tabla 3.2, presenta las dimensiones del reservorio de agua dentro del túnel.

Tabla 3.1. Características organolépticas de las vertientes, 2020.

Aspectos organolépticos característicos de las vertientes		
Parámetros	Tipos	Tipo de agua
Color	Incoloro	Agua fresca
Olor	Metálico	Agua subterránea
Aspecto	Presencia de sólidos sedimentables observables	Cuerpo de agua en movimiento

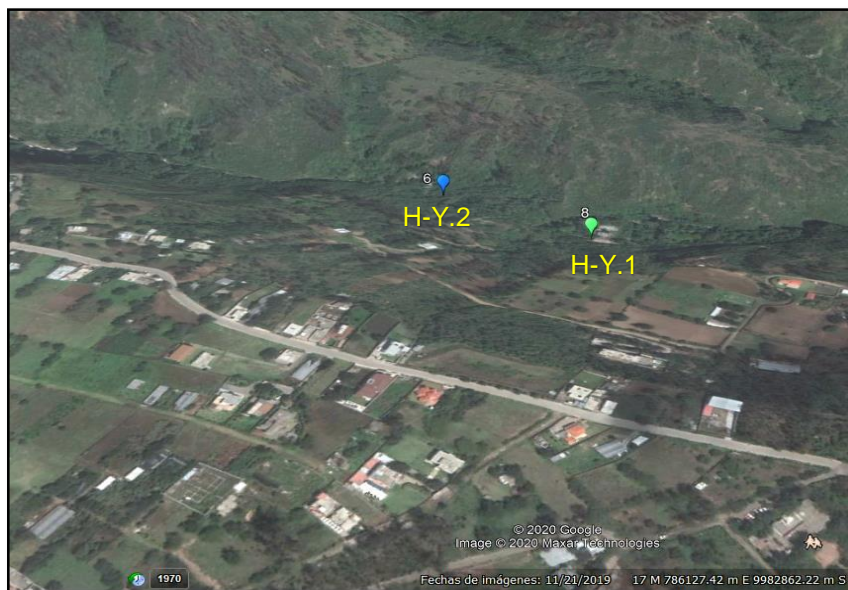


Figura 3.2 Vertientes H-Y. 1 y H-Y.2 (Flores & Calderon, 2020).



Figura 3.3 Vista frontal de la Vertiente H-Y.1 (Flores & Calderon, 2020).

Tabla 3.2 Dimensiones del reservorio de la vertiente H-Y.1 (Flores & Calderon, 2020).

Ancho	Profundidad	Largo
0.80 m	1.70 m	30 m

El complejo tiene 2 vertientes H-Y.1 y H-Y.2, que se encuentran a 166 m de distancia entre sí, la vertiente H-Y.2 está en uso y tiene una tubería de 110 mm de diámetro que distribuye el agua hacia una piscina de truchas cuya distancia es de 220 m.

La figura 3.4, muestra una vista frontal de la Vertiente H-Y.2, como se observa es de difícil acceso y una parte del agua de la vertiente se descarga en el río Machángara. La Tabla 3.3, muestra las dimensiones del reservorio de agua en la vertiente H-Y.2.



Figura 3.4 Muestra una vista frontal de la Vertiente H-Y.2 (Flores & Calderon, 2020).

Tabla 3.3 Dimensiones del reservorio de agua de la vertiente H-Y.2 (Flores & Calderon, 2020).

Ancho	Profundidad	Largo
0,80 m	1.70 m	30 m

La vertiente Amagulo se encuentra ubicada en el barrio San Pedro de Nayón, a 2.5 km de distancia del parque. Las laderas que rodean a la vertiente son cultivadas por los pobladores, con productos para consumo propio. La figura 3.5 muestra la ubicación de la vertiente y su vista frontal de acceso y la Tabla 3.4, las dimensiones de la galería de captación dentro de la vertiente Amagulo.



Figura 3.5 Ubicación de la vertiente y su vista frontal de acceso.

El túnel fue construido de concreto hace aproximadamente 30 años. Este era utilizado para llevar minerales de un lugar a otro, pero con el tiempo dejó de ser funcional, por este motivo los pobladores del sector quieren utilizar el agua de la vertiente para el riego de sus cultivos. En la figura 3.6, presenta la ubicación de la vertiente.

Tabla 3.4 Dimensiones de la galería de agua de la vertiente Amagulo (Flores & Calderon, 2020).

Ancho	Profundidad	Largo
1 m	2 m	30 m



Figura 3.6 Ubicación de la vertiente Amagulo (Flores & Calderon, 2020).

3.1.1. Coordenadas geográficas de las vertientes

La Tabla 3.5, presenta las coordenadas geográficas, altitud, y códigos, para los tres puntos de muestreo ubicados en Huertayacu y Amagulo, respectivamente; con el fin de facilitar el manejo de datos y registro en laboratorio, se les codificó, como H-Y.1, H-Y.2 y A.

Tabla 3.5 *Coordenadas de las vertientes H-Y y Amagulo (Flores & Calderon, 2020).*

Codigo	Nombre	Este	Norte	Altura (m.s.n.m)
H-Y.1	Huertayacu	786155	9983039	2375
H-Y.2	Huertayacu	785997	9983094	2358
A	Amagulo	787254	9980652	2231

3.2. Plan de muestreo

El plan de muestreo garantiza la conservación de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de las muestras de agua recolectada, por lo tanto, se deben tomar en cuenta guías establecidas por normativas, las cuales indican la información a tomar en consideración para el análisis de los diferentes parámetros.

Para un apropiado procedimiento de muestreo se deben tener en cuenta ciertos aspectos o criterios con el fin de que las muestras tomadas sean lo suficientemente grandes para propósitos analíticos y que garanticen resultados confiables que representen la composición real del lugar de estudio. El Anexo I, muestra detalles del plan de muestreo llevado a cabo en la investigación.

3.2.1. Equipos y materiales

Las Tablas 3.6 y 3.7, muestran el detalle de los equipos y materiales, utilizados para el muestreo en las vertientes Huertayacu 1, Huertayacu 2 y Amagulo.



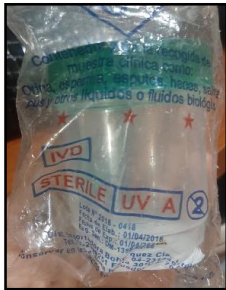

3.3. Análisis de los parámetros

Cada una de las muestras tomadas en las vertientes fueron analizadas en el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Laboratorio Docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental e *in situ* dependiendo del análisis a realizar.

Tabla 3.6. Equipos para el muestreo (Flores & Calderon, 2020).





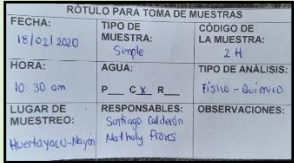
EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
Multiparámetro	<p>Es un instrumento que se utiliza en las salidas de campo para monitorear varios parámetros de calidad del agua como OD, conductividad, pH, temperatura, etc.</p> <p>Es un medidor portátil, de fácil uso. Posee en su interior sondas para medir los parámetros con mayor exactitud.</p>	 <p><i>Figura 3.7 Multiparámetro</i></p>	GPS	<p>Es un instrumento que nos permite tomar puntos georreferenciados de un determinado lugar, posee una memoria interna que nos permite almacenar una cantidad infinita de puntos.</p> <p>Es muy fácil de usar y muy práctico.</p>	 <p><i>Figura 3.8 GPS (Bioweb, 2019)</i></p>
Turbidímetro	<p>Es un equipo que determina la luz dispersada de partículas en suspensión presentes en el agua, a través de un haz de luz.</p> <p>Posee 4 celdas en su interior que permiten calibrar el equipo.</p> <p>Los resultados vienen dados en unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU).</p>	 <p><i>Figura 3.9 Turbidímetro</i></p>	Medidor ultrasónico de caudal	<p>Es un medidor ultrasónico que nos permite conocer el caudal de agua que circula por la tubería.</p>	 <p><i>Figura 3.10 Medidor de caudal ultrasónico (ASOCIE, 2020)</i></p>

Tabla 3.7. Materiales utilizados en el muestreo (Flores & Calderon, 2020).

MATERIALES	DESCRIPCION	GRÁFICO	MATERIALES	DESCRIPCION	GRÁFICO
Agua destilada	Es agua pura que ha pasado por el proceso de destilación para eliminar iones e impurezas.	 <p>Figura 3.11 Agua destilada</p>	Frascos Ámbar	Son frascos de vidrio, de color oscuro que permiten almacenar las muestras para evitar que se degraden o descompongan sus nutrientes por efecto de la luz.	 <p>Figura 3.12 Frascos Ámbar</p>
Frascos esterilizados de muestra de orina	<p>Son frascos de plástico que permiten que las muestras no se contaminen.</p> <p>Son usados para toma de muestras de agua, en la cual se analizan coliformes fecales y totales.</p>	 <p>Figura 3.13 Frascos esterilizados</p>	Guantes de nitrilo	Son de suma importancia para la toma de muestras, debido a que no permite que se contamine la muestra. Se usan para evitar cualquier tipo de accidentes en el laboratorio, debido a que protegen las manos de las personas que los usen.	 <p>Figura 3.14 Guantes de nitrilo</p>

Continúa en la siguiente página

Continuación Tabla 3.7. Materiales utilizados en el muestreo (Flores & Calderon, 2020).

<p>Hielo</p>	<p>Es agua en estado sólido que permite mantener frío las muestras de agua, por lo general se le coloca en el Cooler.</p>	 <p><i>Figura 3.15 Botellas de hielo</i></p>	<p>Piseta</p>	<p>Es un recipiente plástico que contiene en su interior agua destilada. Posee en la parte superior una manguera que permite controlar el flujo de agua.</p>	 <p><i>Figura 3.16 Piseta</i></p>
<p>Caja refrigeradora</p>	<p>Es una caja hermética que se utiliza para mantener refrigeradas las muestras de agua, de esta manera evitar que exista alguna alteración química de las muestras.</p>	 <p><i>Figura 3.17 Cooler con muestras de agua</i></p>	<p>Etiqueta de la muestra</p>	<p>Sirve para identificar la muestra y los responsables de la misma.</p>	  <p><i>Figura 3.18 Etiqueta de la muestra</i></p>

3.3.1. Parámetros *In situ*

➤ **Potencial Hidrogeno (pH)**

El pH se midió gracias a la ayuda del Multiparámetro portátil, lo primero que se realizó fue lavar con agua destilada la sonda, se procedió a secar la sonda con una toalla de papel, luego se colocó la sonda en la muestra de agua, se espera unos minutos hasta que se estabilice y se obtiene el valor deseado. La figura 3.19, presenta la toma de muestra del agua del túnel y la determinación del pH.



Figura 3.19 Medición del pH (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Temperatura**

Para medir este parámetro se usó el equipo Multiparámetro, se procede a tomar la muestra de agua con una jarra, previamente se lavó la sonda del equipo mencionado con agua destilada, se secó la sonda y se la coloco en la muestra de agua, al finalizar se anotó en la libreta los valores obtenidos en el equipo.

➤ **Conductividad**

Primero se tomó la muestra de agua con la ayuda de una jarra previamente homogenizada, se procedió a lavar el electrodo del conductímetro con agua destilada, con mucho cuidado se seca el electrodo con papel toalla. Posteriormente se introdujo el electrodo en la muestra tomada, se estabiliza y se obtiene la medición. La figura 3.20, muestra la determinación *in situ* de la conductividad del agua.

Es recomendable lavar el electrodo del conductímetro antes y después de la medición con agua destilada para evitar que en la siguiente medición nos dé un valor erróneo.



Figura 3.20 Medición de la conductividad (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Turbiedad**

Con la ayuda de una jarra se tomó la muestra, se homogeniza la celda con la muestra, se procedió a limpiarla con papel toalla y se coloca el blanco en el turbidímetro, para encerrarlo, luego se procede a colocar la celda con la muestra homogenizada y se registra su valor. La figura 3.21, muestra la determinación *in situ* de la turbiedad del agua.



Figura 3.21 Medición de la Turbiedad (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Oxígeno Disuelto (OD)**

Antes de realizar la medición del oxígeno disuelto se comprobó que el multiparámetro se encuentre calibrado para evitar fallas de medición. La sonda fue lavada cuidadosamente con agua destilada, secada e introducida a la jarra con la muestra de agua previamente homogenizada, se espera unos minutos hasta que el equipo se estabilice y se procede a anotar el valor obtenido, se realizó una medición por triplicado en cada punto de muestreo.

Para calcular el % de saturación del oxígeno disuelto se utilizaron los valores de la altitud de las vertientes, estos datos se obtuvieron del GPS y se procedió a transformarlos de m.s.n.m a pies con el fin de encontrar el factor de corrección como se muestra en la Tabla 3.8.

Se multiplica el valor obtenido mediante la medición con el multiparámetro y se multiplica por el factor de corrección para obtener el valor corregido del oxígeno disuelto, una vez hallado este valor se multiplicó por el 80 % con el fin de determinar si sus niveles eran los

adecuados (Cortés, 2015). La figura 3.22, muestra la determinación *in situ* del oxígeno disuelto en el agua.

Tabla 3.8. Factor de corrección de saturación del oxígeno (Cortés, 2015, pág. 56).

PORCENTAJE DE SATURACION DE OXIGENO		
Presión Atmosférica (mmHg)	Altitud Equivalente (pies)	Factor de Corrección
775	540	1.02
760	0	1.00
745	542	.98
730	1094	.96
714	1688	.94
699	2274	.92
684	2864	.90
669	3466	.88
654	4082	.86
638	4756	.84
623	5403	.82
608	6065	.80
593	6744	.78
578	7440	.76
562	8204	.74
547	8939	.72
532	9694	.70
517	10,472	.68



Figura 3.22 Medición del Oxígeno Disuelto (Flores & Calderon, 2020).

3.3.2. Parámetros analizados en el laboratorio

➤ Demanda química de oxígeno (DQO)

Para determinar la DQO presente en el agua cruda se utilizaron viales Lovibond de bajo rango (0-150 mg/L), debido a que el agua es cruda, por lo tanto, no presenta un índice alto de contaminación.

En primer lugar, se procedió a encender el biodigestor hasta que este alcance una temperatura de 150° C, proceso que tomo 45 minutos, para la preparación del blanco, se colocaron 2 ml de agua destilada en un vial. También se colocaron 2 ml de la muestra de agua cruda en el segundo vial con la ayuda de una pipeta. Se procedió a agitar suavemente los viales y abrir la tapa cuidadosamente para eliminar los gases producidos por la reacción del ácido con la muestra.

Se procedió a colocar los viales dentro del digestor, durante 2 horas. Una vez transcurridas las 2 horas se procede a sacar los viales en una gradilla en la cual se enfriaron por alrededor de 15 minutos, para reducir la temperatura y así poder

manipularlos. Finalmente se procede a realizar la medición de la DQO en el Espectrofotómetro.

La figura 3.23, presenta la medición de DQO en los de los viales, a través de Espectrofotómetro visible.



Figura 3.23 Medición de la demanda química de oxígeno (DQO) (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Demanda biológica de oxígeno (DBO)**

Para determinar la DBO₅ se utilizó el método OxiTop, el cual contabiliza el consumo de oxígeno durante 5 días. El volumen a utilizar de la muestra se obtiene a partir de la Ecuación 3.1, que utiliza el valor de la DQO como se observa en la Tabla 3.9.

$$DBO_5 \text{ esperado} = 80\% \times DQO$$

Ecuación 3.1 Porcentaje de DBO₅ (Cárdenas, 2005).

Tabla 3.9. Criterios para la medición del volumen (Chacón, 2016).

Volumen de la muestra (ml)	Rango de medida DQO (mg/L)	Factor (r)
432	0-40	1
365	40-80	2
250	80-200	5
164	200-400	10
97	400-800	20
43.5	800-2000	50

Se colocó en la botella de OxiTop el volumen de muestra determinado anteriormente, en el rango de medida de nuestros valores obtenidos se encuentra entre 0-40 mg/L. Se introduce la barra de agitación dentro de las botellas ámbar, se añade dos pellets de hidróxido de sodio en un capuchón el cual se insertó en el cuello de la botella.

Se procede a tapar cuidadosamente la botella y se oprime al mismo tiempo los botones S y M por el lapso de 3 segundos, finalmente fueron colocados en la incubadora a una

temperatura de 25°C. Una vez transcurridos los 5 días se registraron los valores oprimiendo el botón M. La figura 3.24, presenta la medición de DBO

En la Ecuación 3.2, determina el valor de la DBO₅:

$$DBO_5 = \text{Promedio de valores registrados} \times \text{Factor}$$

Ecuación 3.2 Demanda Biológica de Oxígeno (Cárdenas, 2005).



Figura 3.24 Medición de la Demanda biológica de oxígeno (DBO₅) (Flores & Calderon, 2020).

➤ Nitratos

Se utilizaron dos celdas, en la primera celda se colocaron 10 ml de muestra, en la segunda celda se colocó 10 ml de la muestra con el reactivo, luego se procede a agitar homogéneamente por el lapso de un minuto, posteriormente se dejó reposar la muestra por 5 minutos. Se limpiaron las celdas para evitar que exista contaminación y se las coloca en el espectrofotómetro HACH, para obtener el valor de nitratos presentes en la muestra. La figura 3.25, presenta la determinación de nitratos en la muestra de agua.



Figura 3.25 Determinación de Nitratos (Flores & Calderon, 2020).

➤ Nitritos

Para medir la cantidad de nitritos que posee la muestra de agua se utilizó el reactivo NitriVer3. Se usaron dos celdas de vidrio, en la primera se colocó agua destilada mientras que en la segunda se colocó la muestra, se procedió a colocar el reactivo y agitarlo homogéneamente para que se mezcle el reactivo con la muestra, se dejó reposar a los viales por 20 min, al pasar este intervalo de tiempo se visualiza que el segundo vial

obtiene un color rosa, eso significa que tiene presencia de nitritos. Una vez que se dejó reposar se realizó la medición. La figura 3.26, presenta la determinación de nitritos en la muestra de agua.



Figura 3.26 Determinación de Nitritos (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Aluminio**

Para la medición de este parámetro se usó una probeta de 50 mL, se colocó el Ácido Ascórbico en polvo y se agitó homogéneamente.

Se agregó el reactivo AluVer3 y se homogenea la mezcla por un minuto, a continuación, se prepara la celda blanca que es la que contienen la muestra, se procede a agregar el aluminio de blanqueo y se procede a agita homogéneamente, el intervalo de tiempo para que se mezcle bien los reactivos con la muestra es de 15 minutos, una vez que se dejó reposar se realizó la medición. La figura 3.27, presenta la determinación de aluminio en la muestra de agua.



Figura 3.27 Determinación de Aluminio (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Manganeso**

Para la medición de este parámetro se introdujo en una celda 10 ml de la muestra, se añadió el reactivo Buffer Powder Pillow Citrate, se mezcló por un minuto hasta que el agua y el reactivo se homogenicen, se añade el reactivo Sodium Periodate Powder Pillow en la celda, se espera por dos minutos hasta que cambie a un color violeta. Para la celda del blanco se colocaron 10 ml de la muestra de agua. Por último, se colocan las

celdas en el espectrofotómetro HACH para obtener su medición. La figura 3.28, presenta la determinación de manganeso en las muestras de agua.



Figura 3.28 Determinación de Manganeso (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Color Verdadero**

Para el análisis de este parámetro se tomaron 80 ml de muestra y se filtraron al vacío utilizando el filtro de membrana, así como también se filtró 80 ml de agua destilada para la preparación del blanco, una vez filtrada la muestra y el blanco se procedió a tomar 10 ml de la muestra y 10 ml del agua destilada, se colocaron en celdas de 10 ml respectivamente. Se programó en el espectrofotómetro HACH para realizar su medición expresada en unidades de PtCo. La figura 3.29, presenta la determinación de color verdadero en las muestras de agua.

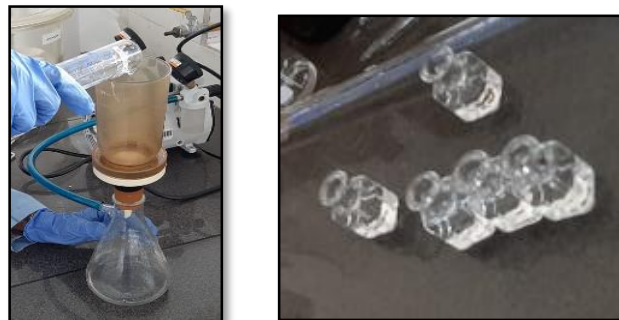


Figura 3.29 Determinación de color verdadero (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Color aparente**

Se prepararon dos celdas una con 10 ml la primera con agua destilada que es el blanco, y en la otra celda se colocó 10 ml de muestra, se digita el programa # 120 el espectrofotómetro HACH y registrar los valores que mostraba el equipo. La figura 3.30, presenta la determinación de color aparente en las muestras de agua.



Figura 3.30 Determinación de Color aparente (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Cobre**

Se usaron dos celdas de vidrio de 10 ml, en la primera celda se colocó la muestra y se agregó el reactivo, se agitó y se dejó reposar por 2 minutos, mientras que la segunda celda se colocó la muestra para la preparación del blanco, por último, se procedió a realizar la medición y registrar los valores obtenidos. La figura 3.31, presenta la determinación de cobre en las muestras de agua.



Figura 3.31 Determinación de Cobre (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Hierro Total**

Se usaron dos celdas de vidrio de 10 ml, en la primera celda se colocó la muestra, esta fue la celda del blanco, mientras que en la segunda celda se colocó el reactivo FerroVer, se agitó y se dejó reposar por 3 min, se colocan los viales en el espectrofotómetro para obtener los valores de su concentración en la muestra. La figura 3.32, presenta la determinación de hierro total en las muestras de agua.



Figura 3.32 Determinación de Hierro total (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Fosfatos**

Para la medición de este parámetro fue necesario la utilización del espectrofotómetro Hach para lo cual fueron necesarios dos celdas de vidrio con una capacidad de 10 ml

cada una, se colocaron 10 ml de la muestra en cada celda, en una de estas celdas se puso el reactivo PhosVer3 y se procedió a taparlo y agitarlo durante 30 segundos, la otra celda seria nuestro blanco. Se dejó reposar durante 2 minutos las dos celdas, para luego proceder a la medición. La figura 3.33, presenta la determinación de fosfatos en las muestras de agua.



Figura 3.33 Determinación de fosfatos (Flores & Calderon, 2020).

➤ Sulfatos

Para la determinación de este parámetro se colocó en una celda 10 ml de la muestra previamente homogenizada, se añade el reactivo SulfaVer 4, mezclar rigurosamente la celda hasta que el reactivo se haya disuelto, esperar por 5 min. Para la elaboración del blanco se colocaron 10 ml de la muestra en la celda y se procede a la medición en el espectrofotómetro. La figura 3.34, presenta la determinación de sulfatos en las muestras de agua.



Figura 3.34 Determinación de Sulfatos (Flores & Calderon, 2020).

➤ Nitrógeno Amoniacal

Para calcular la cantidad de nitrógeno amoniacal presente en el agua se introdujeron 25 ml de la muestra en una probeta de 50 ml, para la preparación del blanco se colocaron 25 ml de agua des ionizada, en cada una de las probetas se colocaron 3 gotas del Mineral Estabilizador, se añadió 3 gotas de Alcohol Polivinyl y 1ml de Nessler Reagent, se mezcla rigurosamente y se espera por un minuto, por último, se colocaron 10 ml de cada probeta en las celdas para ser medida por el espectrofotómetro.

La figura 3.35, presenta la determinación de nitrógeno amoniacal en las muestras de agua.



Figura 3.35 Determinación de Nitrógeno Amoniacal (Flores & Calderon, 2020).

➤ Cloruros

Se colocaron 100 ml de muestra homogenizada en un matraz Erlenmeyer, se agregó 10 gotas de Dicromato de potasio, hasta que la muestra obtuvo un color amarillento, después se tituló con nitrato de plata, hasta que tomó un color anaranjado fuerte. La figura 3.36, presenta la determinación de cloruros en las muestras de agua.



Figura 3.36 Determinación de Cloruros (Flores & Calderon, 2020).

➤ Dureza Total

Se colocaron 25 ml de la muestra tomada en un matraz Erlenmeyer con la ayuda de una pipeta, se añadieron 5 gotas de solución Buffer y una punta de espátula de negro de ericromo, al mezclar estos compuestos la muestra se torna de color rojo, el cual debe ser titulado con EDTA hasta que se torne de vino a azul, por último, se determinó el volumen de titulación. En la Tabla 3.9, se visualizan los criterios para determinar la dureza en el agua, dependiendo a estos criterios se define el uso del agua. La figura 3.37, presenta la determinación de dureza en las muestras de agua.



Figura 3.37 Determinación de la Dureza Total, 2020.

Tabla 3.9 Consideraciones de la Dureza (Cárdenas, 2005).

Denominación	Ppm $CaCO_3$
Muy suaves	0-15
Suaves	16-75
Medias	76-150
Duras	151-300
Muy duras	> 300

Para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Dureza total} = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 100091}{V_{MUESTRA}}$$

Ecuación 3.3 Dureza Total (Cárdenas, Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales, 2005).

Donde:

- V_{EDTA} =Volumen del titulante en ml.
- M_{EDTA} = Concentración de EDTA en mol/l.
- $V_{MUESTRA}$ =Volumen de la muestra ml.
- **100091** =Peso atómico del carbonato de calcio.

➤ Dureza Cálcica

Se colocaron 25 ml de la muestra en un matraz Erlenmeyer con la ayuda de una pipeta, se añade 3 gotas de NaOH a la muestra y unos cristales de murexida, se procedió a homogenizar la mezcla, titular con EDTA hasta un vire de color violeta. Por último, se determinó el volumen de titulación. La figura 3.38, presenta la determinación de la dureza cálcica en las muestras de agua.



Figura 3.38 Determinación de Dureza Cálrica (Flores & Calderon, 2020).

➤ Alcalinidad

Para el ensayo de alcalinidad se utilizó el método de titulación el mismo que consta en colocar 100 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se procede a medir el pH.

Una vez medido el pH si este excede el valor de 8,3 se va a presentar alcalinidad por fenolftaleína; caso contrario si el valor medido del pH es inferior a 8,3 existirá únicamente alcalinidad total.

El pH de la muestra es menor a 8.3 por lo tanto se colocó 2 gotas de indicador naranja de metilo, se procedió a titular con H_2SO_4 0.02 N, el color de la muestra se tornará amarillo, una vez titulado el color tendrá un vire a naranja, anotar el volumen de H_2SO_4 utilizado. La figura 3.39, presenta la determinación de la alcalinidad total en las muestras de agua.

$$\text{Alcalinidad Total} = \frac{T \times N \times 50000}{V_{muestra}} \frac{mg}{l} CaCO_3$$

Ecuación 3.4 Alcalinidad total (Cárdenas, 2005).

Donde:

T = Volumen Total de H_2SO_4 gastado en la Titulación

N = Normalidad del ácido estándar

50000 = Constante



Figura 3.39 Determinación de la alcalinidad (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Acidez**

Se colocó 100 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer, se agregaron 4 gotas de fenolftaleína, se procedió a titular con hidróxido de sodio, hasta la aparición de un ligero color rosado.

Luego se agregaron 2 gotas de indicador Timolftaleína, se titula con H₂SO₄ hasta la aparición de un color azul. Las figuras 3.40 y 3.41, presentan la determinación de la acidez en las muestras de agua.

$$\text{Acidez} = \frac{A \times N \times 50000}{V_{\text{muestra}}}$$

Ecuación 3.5 Determinación de la acidez (Cárdenas, 2005).

Donde:

A = Volumen del hidróxido de sodio gastado

N = Normalidad del NaOH

50000 = Constante

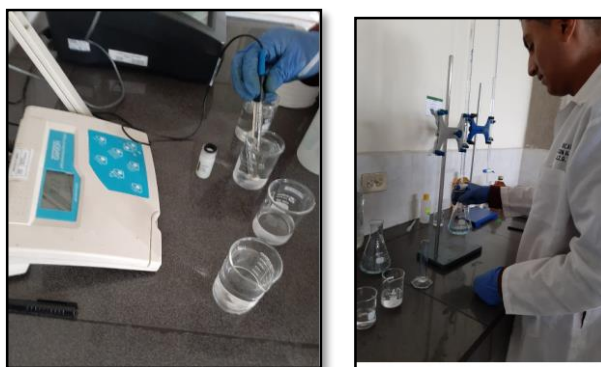


Figura 3.40 Medición del pH (Flores & Calderon, 2020).



Figura 3.41 Determinación de Acidez (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Sólidos totales (ST)**

Para el cálculo de los sólidos totales se utilizaron crisoles de porcelana limpios para esto fue necesario el lavado de estos con agua destilada, se colocan los crisoles en la estufa a una temperatura de 105 °C, al cabo de 24 horas con el objetivo de eliminar cualquier sustancia contaminante que pueda alterar los resultados.

Posteriormente los crisoles fueron tarados, para lo cual fue necesario colocar los crisoles en la mufla a 505 °C por 20 min, una vez transcurrido dicho tiempo se procedió a poner los crisoles en un desecador por el lapso de 2 horas para lograr que estos se enfríen y poder pesar sin ningún inconveniente en una balanza analítica. Esta balanza fue previamente calibrada. Una vez pesados se introdujeron nuevamente en el desecador para el siguiente proceso.

Una vez homogenizada la muestra se procedió a colocar 50 ml dentro del crisol previamente tarado, estos crisoles fueron llevados a la estufa a una temperatura de 105°C acabo de 24 horas, transcurrido dicho tiempo se procedió a sacar los crisoles al desecador durante 2 horas. Finalmente, cuando los crisoles se enfriaron inmediatamente se pesaron y se registraron los valores. Para el cálculo de los sólidos totales fue necesaria la siguiente fórmula. La figura 3.42, presenta la determinación de los sólidos totales en las muestras de agua.

$$\text{mg de ST} = \frac{(P_2 - P_1)}{V_m}$$

Ecuación 3.6 Sólidos totales (Cárdenas, 2005).

Donde:

P_2 = peso del crisol tarado + residuo seco en mg

P_1 = peso del crisol tarado en mg

V_m = volumen de la muestra en ml



Figura 3.42 Determinación de sólidos Totales (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Sólidos disueltos (SD)**

Las capsulas fueron lavados y colocados en la mufla a 505 °C durante 20 min, posteriormente fueron pesados en conjunto con los filtros, luego se los coloco en la estufa por 24 h, transcurrido este tiempo se los coloco en el desecador durante 2 horas.

En la cápsula de porcelana pesada anteriormente, se colocó el filtro previamente usado para filtrar 50 ml, con la ayuda de pinzas se retiró la cápsula con el filtro y se lo colocó en el desecador durante 30 min. Finalmente se pesaron las capsulas que contenían los papeles filtros y se registró su peso. La figura 3.43, presenta la determinación de sólidos disueltos en las muestras de agua.

$$\text{mg de SD} = \frac{(P_2 - P_1)}{V_m}$$

Ecuación 3.7 Sólidos disueltos (Cárdenas, 2005).

Donde:

P_2 = peso de la capsula tarada + residuo del filtro evaporado en mg

P_1 = peso de la capsula tarada + peso del filtro en mg

V_m = volumen de la muestra en ml

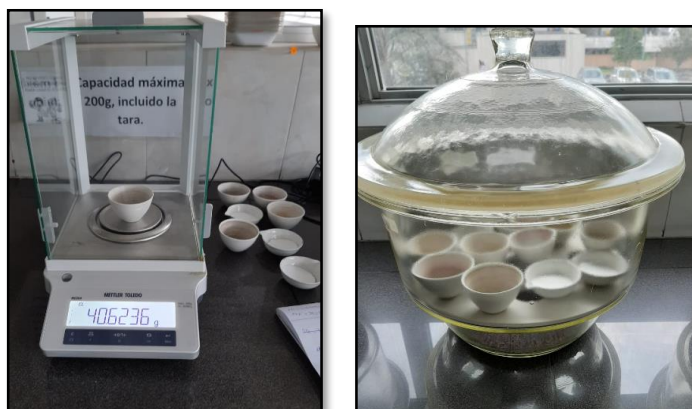


Figura 3.43 Determinación de Sólidos Disueltos (Flores & Calderon, 2020).

➤ Sólidos sedimentables (SS)

Para el cálculo de este tipo de sólidos fue necesario la utilización de un cono Imhoff en el cual se colocó 1 litro de la muestra previamente homogenizada. Una vez introducida la muestra se dejó decantar por alrededor de 45 minutos

Las partículas que se encontraban adherida en las paredes del cono fueron removidas con movimientos verticales con la ayuda de una varilla de vidrio. Finalmente, una vez transcurrido 1 hora se procedió a observar la cantidad de sólidos sedimentables que se encontraban presentes en el fondo del Cono Imhoff. La figura 3.44, presenta la determinación de sólidos sedimentables en las muestras de agua.



Figura 3.44 Determinación de sólidos sedimentables (Flores & Calderon, 2020).

➤ **Sólidos volátiles (SV)**

Se colocaron los filtros y las capsulas en una estufa a 105°C durante 24 horas para eliminar cualquier tipo de impureza, luego se los colocó en el desecador por 2 horas hasta que las capsulas se encuentren a temperatura ambiente, se procede a pesar las capsulas ya taradas (P_0). Se debe de filtrar 50 ml de la muestra, con la ayuda de una bomba de vacío. A continuación, se lleva el filtro con la capsula a la estufa por 24 horas, pasado este tiempo se lleva la capsula al desecador por 30 min y se procede a tomar el peso de la capsula (P_1). Por último se coloca la capsula en la mufla a 550°C por 20 min, se lleva la capsula al desecador y se toma su peso final (P_2). Las figuras 3.45 y 3.46, presentan la determinación de sólidos volátiles en las muestras de agua.

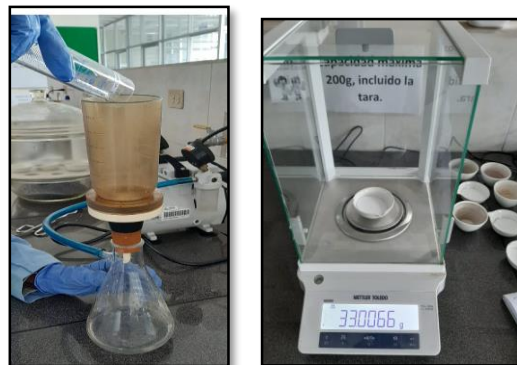


Figura 3.45 Determinación de sólidos volátiles (Flores & Calderon, 2020).



Figura 3.46 Determinación de sólidos volátiles (Flores & Calderon, 2020).

➤ Coliformes Fecales y Totales

Para determinar este parámetro se utilizó la normativa mexicana y el método del Numero Más Probable (NMP) para conocer si tiene coliformes totales y fecales el agua que se va a analizar. Para el análisis de este parámetro las muestras se tomaron en frascos de muestra de orina previamente esterilizados. La figura 3.47, presenta los reactivos usados en la elaboración del caldo de cultivo de coliformes.



Figura 3.47 Reactivos (Flores & Calderon, 2020).

Para realizar la prueba presuntiva lo primero que se hace es preparar el medio de cultivo, para la preparación del medio, se disuelve 13 gramos de caldo lactosado y 0.01 g de purpura de bromocresol en un litro de agua destilada, se introduce el agitador magnético, se colocó el matraz en la plancha eléctrica hasta que el contenido se disuelva por completo. Luego se procedió a llenar tubos de ensayo de 25 ml con 5ml de medio. Se esterilizan los tubos en el autoclave por 15 minutos La figura 3.48, presenta la dosificación del medio de cultivo en los tubos de ensayo.

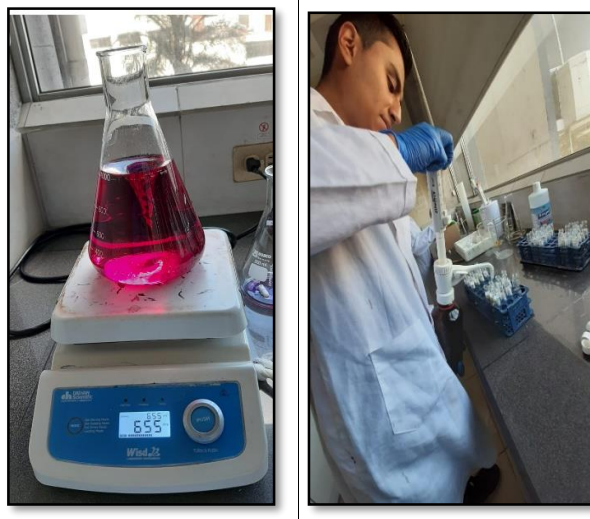


Figura 3.48 Preparación del medio de cultivo (Flores & Calderon, 2020).

Para realizar el agua de dilución se preparó la solución tampón A y tampón B, para el tampón A se disolvieron 34 gr de fosfato monopotásico en 500 ml de agua destilada. Para

el tampón B se disolvió 8,1 gr de cloruro de magnesio hexahidratado en 500 ml de agua destilada.

Para la preparación de la solución tampón de fosfatos se colocaron 1,25 ml de la solución madre de tampón A y 5 ml de la solución madre de tampón B en un Erlenmeyer de 100 ml con agua destilada para su respectivo aforo.

Se utilizó un dosificador para colocar 10 ml del medio de cultivo que realizamos previamente. La figura 3.49, presenta la prueba presuntiva de coliformes fecales.

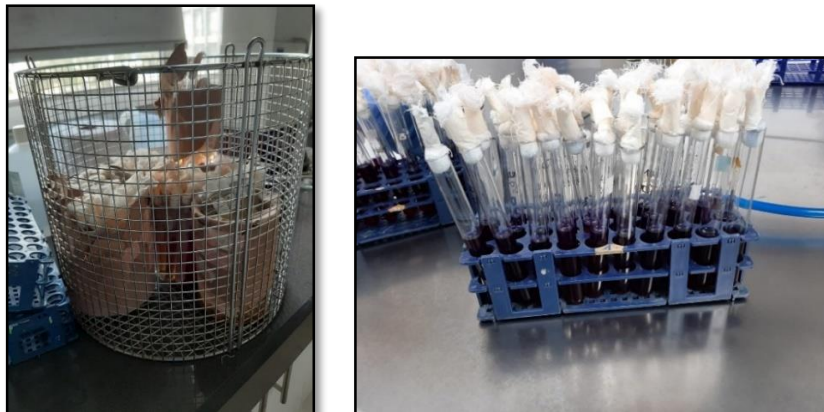


Figura 3.49 Prueba Presuntiva (Flores & Calderon, 2020).

Se procedió a homogenizar la punta de la micropipeta con nuestra muestra, se toma 1 ml de la muestra en el tubo de ensayo que contiene el agua de dilución.

Para el cultivo de coliformes se colocó 1 ml de la dilución en los tres tubos de ensayo, en cada muestra.

Para determinar coliformes fecales en el agua, se colocan los tubos de ensayo en la incubadora a 35°C por 24 horas, una vez realizado esto se observa cuáles son los tubos positivos (Tubos de color amarillo). La figura 3.50, presenta la resiembra de coliformes.

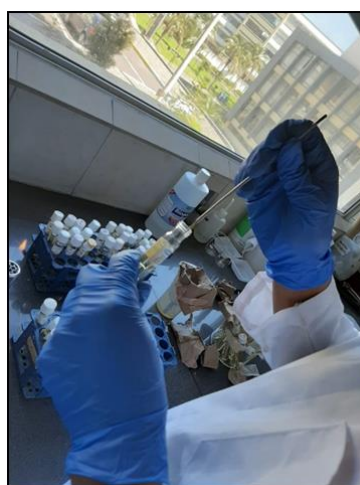


Figura 3.50 Resiembra (Flores & Calderon, 2020).

Para preparación del medio de cultivo se disuelve 37 g del medio EC en 1 litro de agua destilada y con la ayuda de un agitador y una plancha de agitación se procede a mezclar. Con la ayuda del dosificador se procede a colocar 10 ml del medio en tubos de ensayo, conteniendo en su interior tubos de Durham invertidos. La figura 3.51, presenta el medio de cultivo para coliformes.

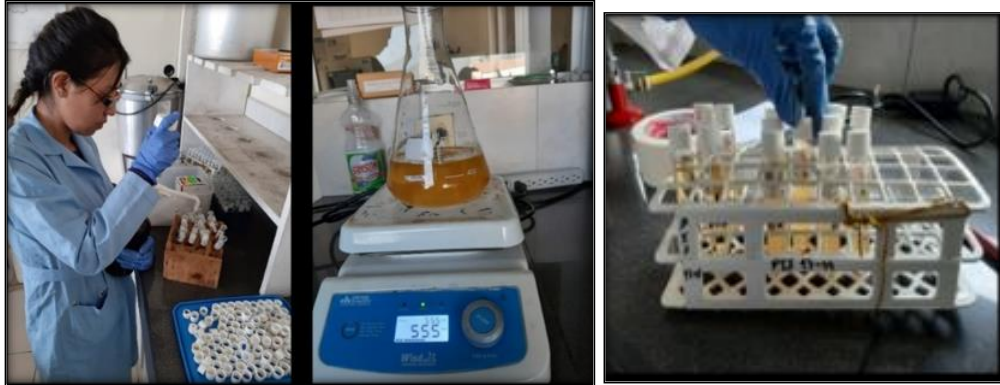


Figura 3.51 Medio EC (Flores & Calderon, 2020).

Se colocan los tubos de ensayo en la incubadora por 48 horas, se procede a verificar si existe algún cambio de color de púrpura a amarillo en los tubos de ensayo, significa que la muestra está contaminada por coliformes fecales y totales. La figura 3.52, muestra la presencia de coliformes en las vertientes.

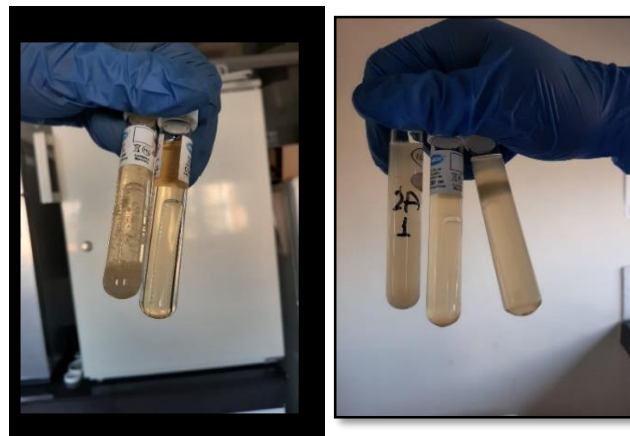


Figura 3.52 Tubos contaminados con Coliformes fecales (Flores & Calderon, 2020).

Por motivo de la emergencia sanitaria por el COVID-19 que está atravesando el país, no se pudo realizar el tercer análisis de Coliformes totales y fecales en el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional, se procedió a realizar un promedio entre los dos análisis realizados con anterioridad.

Cálculo de Coliformes Totales

En Microsoft Excel se realizó el cálculo de las coliformes totales presentes en las tres vertientes como se puede observar en la Tabla 3.10, 3.11 y 3.12.

Tabla 3.10 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente H-Y.1 (Flores & Calderon, 2020).

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	0/3	1/3	1/3	1/3	1/3
48 horas	0/3	1/3	1/3	1/3	1/3

Tabla 3.11 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente H-Y.2, 2020.

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	0/3	1/3	2/3	1/3	1/3
48 horas	0/3	1/3	2/3	1/3	1/3

Tabla 3.12 Tubos positivos de Coliformes Totales en la vertiente Amagulo, 2020.

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	1/3	0/3	1/3	0/3	0/3
48 horas	1/3	0/3	1/3	0/3	0/3

Una vez que se obtuvieron los valores de los tubos positivos se empleó la Ecuación 3.8, para conocer la cantidad de coliformes que tienen las vertientes, para visualizar el proceso ver Anexo III.

$$C. \text{Totales} = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en tubos negativos}} \right) \times \left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en todos los tubos}} \right)}}$$

Ecuación 3.8 Cálculo de Coliformes totales, (Metcalf & Eddy, 2010)

Cálculo de Coliformes Fecales

Con la ayuda de Microsoft Excel se realizó el cálculo de las coliformes fecales presentes en las tres vertientes como se puede observar en la Tabla 3.13, 3.14 y 3.15.

Tabla 3.13 Tubos positivos de Coliformes fecales en la vertiente H-Y.1, 2020.

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	2/3	3/3	0/3	1/3	0/3
48 horas	2/3	3/3	0/3	1/3	0/3

Tabla 3.14 Tubos positivos de Coliformes fecales en la vertiente H-Y.2, 2020.

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	0/3	1/3	0/3	0/3	0/3
48 horas	1/3	3/3	1/3	0/3	0/3

Tabla 3.15 Tubos positivos de Coliformes Fecales en la vertiente Amagulo, 2020.

Tiempo	Diluciones				
	10 ⁰	10 ¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
24 horas	1/3	2/3	0/3	0/3	0/3
48 horas	2/3	3/3	0/3	0/3	0/3

$$C. Fecales = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en tubos negativos}}\right) \times \left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en todos los tubos}}\right)}}$$

Ecuación 3.9 Cálculo de Coliformes totales (Metcalf & Eddy, 2010)

3.2. Determinación del ICA-NSF

Para la determinación del Índice de Calidad del Agua se debe utilizar una expresión que combina diferentes parámetros con una ponderación específica, siendo este cálculo una herramienta fundamental para determinar la calidad de un cuerpo de agua.

El índice se lo puede representar de varias formas como: números, rangos, símbolos o color cuya ventaja es la fácil interpretación de información obtenida (Carrillo & Urgiles, 2016).

Características de los índices en general

- Facilidad al momento de interpretar datos que previamente fueron resumidos y simplificados.
- Son de fácil entendimiento
- En cuanto a la toma de decisiones pueden ser incluidos como modelos.
- Al momento de interpretarlos estos deben ser revisados y actualizados periódicamente.

El objetivo principal de un índice de calidad de agua (ICA) es dar a conocer el grado de contaminación existente en un cuerpo de agua en un determinado tiempo, este índice es expresado como el porcentaje de agua pura; siendo así que si el ICA de un cuerpo de agua es cercano o igual al 0% es contaminante, mientras que si el agua se encuentra en óptimas condiciones para el consumo humano su índice deberá ser cercano al 100% (Carrillo & Urgiles, 2016).

El modelo seleccionado en este trabajo de titulación es el ICA-NSF en el cual se analizan 9 parámetros con el fin de determinar el grado de contaminación existente en un cuerpo de agua.

Los 9 parámetros son los siguientes

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5, en mg/l)
- Oxígeno Disuelto, expresado como porcentaje de saturación (OD, en % Sat)
- Potencial de hidrógeno
- Turbiedad (NTU)
- Fosfatos (PO4-3, en mg/l)
- Nitratos (NO3-2, en mg/l)
- Temperatura
- Coliformes Fecales
- Sólidos Disueltos Totales (SDT, en mg/l)

Cálculo del índice de calidad del agua del modelo NSF

En el modelo implementado por la Fundación Nacional de Sanidad de los EE. UU (ICA-NSF), los 9 parámetros seleccionados son evaluados cada uno en un rango de 0 a 100.

Para la determinación del valor del ICA-NSF es fundamental tener las mediciones de los 9 parámetros incluidos en el cálculo del índice. Se usó el método aditivo el cual consiste en realizar una sumatoria de los productos resultantes entre los subíndices de los parámetros y los pesos o porcentajes que se le asignó a cada uno de ellos. La Tabla 3.16, presenta los pesos relativos para cada parámetro.

$$ICA = \sum_{i=1}^n I_i W_i$$

Ecuación 3.10 ICA-NSF (Ramirez, 2007, pág. 46).

Donde:

ICA= Índice de Calidad del Agua

i = cada uno de los parámetros elegidos

I_i = subíndice del parámetro

W_i = pesos relativos asignados a cada parámetro

Tabla 3.16 Pesos relativos para cada parámetro del "ICA-NSF" (Carrillo & Urgiles, 2016, pág. 51).

Parámetro	Peso Relativo (W_i)	Importancia
Oxígeno Disuelto	17%	Condiciones críticas para la vida acuática
Coliformes fecales	15%	Contaminación fecal, limitante para aguas de consumo humano
pH	12%	Condiciones para la vida acuática y agua potable
DBO_5	10%	Materia orgánica biodegradable, limitante para aguas de consumo humano
Fosfatos	10%	Determinar niveles de eutrofización
Nitratos	10%	Determinar niveles de eutrofización y riesgos de consumo
Temperatura	10%	Crítico para la vida acuática y consumo humano
Sólidos Disueltos Totales	8%	Limitante para aguas de consumo humano
Turbiedad	8%	Limitante para aguas de consumo humano
Σ	100%	

El valor obtenido en el cálculo del ICA, puede ser clasificado dentro de un rango según el uso o el grado de contaminación para que pueda ser consumida o utilizada. La Tabla 3.17, presenta los criterios de calidad del ICA-NSF.

Tabla 3.17 Criterios para el ICA-NSF (Carrillo & Urgiles, 2016, pág. 54).

Criterio	Rango para consumo humano	
Excelente	91- 100	No requiere tratamiento
Aceptable	81-90	Necesita tratamiento menor
Buena	71-80	Dudoso su consumo sin tratamiento
Regular	51-70	Tratamiento de potabilización considerable
Mala	26-50	Dudoso para consumo
Pésima	0-25	No es apto para consumo

3.3. Aforo de caudales

Medición de caudal en la vertiente Huertayacu H-Y.1

Para medir el caudal en la vertiente se tomó un valor estimado de 4 L/s. Este dato se obtuvo con la información proporcionada por el dueño del complejo, el agua en esta vertiente se encuentra estancada y la sección de flujo es demasiado grande para evaluar

su velocidad, no fue posible realizar la medición del caudal y se tomó como referencia el aforo mencionado anteriormente.

Medición de caudal en la vertiente Huertayacu H-Y.2

La vertiente ubicada en Huertayacu, posee una tubería de PVC por la cual circula un flujo de agua desde la fuente hacia una piscina del complejo.

La medición del caudal se realizó en una sección de la tubería, con la ayuda de un medidor ultrasónico portátil de caudal. Se procedió a medir las dimensiones de la tubería que está colocada en la vertiente, se mide el diámetro interno y externo, su radio, espesor y perímetro, así como también se selecciona el tipo de material de la tubería. Al introducir todos los valores pedidos por el equipo, este automáticamente nos proporciona el valor de la distancia a la cual deben ser colocados los sensores, en este caso se colocaron a 61 mm, los sensores nos permitirán saber cuál es el caudal que circula por la tubería.

El caudal obtenido es de 3.78 L/s, con una velocidad de 0,4117 m/s.



Figura 3.53 Determinación del caudal (Flores & Calderon, 2020).



Figura 3.54 Imanes (Flores & Calderon, 2020).

Medición de caudal en la vertiente Amagulo

La medición del caudal en esta vertiente se realizó con el método de aforo de flotador que consiste en medir la velocidad de una sección de la vertiente, se utilizó este método debido a que el flujo de agua de esta vertiente circula por un canal construido junto a la vertiente, el agua que pasa por el canal al final se filtra para posteriormente desembocar en el río San Pedro.

Se utilizó una hoja de un árbol aledaño a la vertiente que funciona como un flotador, procedemos a sumergir la hoja por debajo de la lámina de agua, con la ayuda de un cronometro se toma el tiempo que recorre la hoja hasta salir del reservorio, por último, se midió el área de una sección del reservorio, dándonos un caudal de 4.034 L/s (Soto, 2014). Las Ecuaciones 3.11, 3.12, 3.13 y 3.14, presentan la velocidad, área de la sección y el caudal de las vertientes.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}}$$

Ecuación 3.11 Velocidad que recorre el objeto en la vertiente Amagulo (Soto, 2014).

$$\text{Área de la sección} = \text{Área faja 1} + \text{Área faja 2} + \text{Área faja 3}$$

Ecuación 3.12 Área de la sección (Soto, 2014).

Para calcular el área de las fajas se utilizó la fórmula del área de un rectángulo, porque de esa forma es el área que se visualizó en el reservorio (Soto, 2014).

$$\text{Área del rectángulo} = \text{Base} \times \text{altura (m}^2\text{)}$$

Ecuación 3.13 Área del rectángulo (Soto, 2014).

Por lo tanto, el caudal se obtiene con la siguiente formula:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Área de la sección} \times \text{Velocidad} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

Ecuación 3.14 Caudal de la vertiente Amagulo (Soto, 2014).

3.4. Análisis de los posibles sistemas de abastecimiento desde las fuentes.

El agua de las vertientes se va a utilizar en diversas actividades, para conocer el uso adecuado de las mismas se realizó un análisis a profundidad de su calidad y caudal para saber si es factible o no utilizarlos en las siguientes actividades recreativas, consumo humano, riego y pecuario, también se realiza un análisis con la Reforma al TULSMA Libro

VI, Anexo I y la Norma INEN 1108, para conocer si los parámetros cumplen o no con los límites máximos permisibles propuestos en la normativa ecuatoriana.

En la figura 3.55, el uso que se va a dar a las vertientes depende de si cumple o no con los límites permisibles del TULSMA y de la normativa INEN 1108.

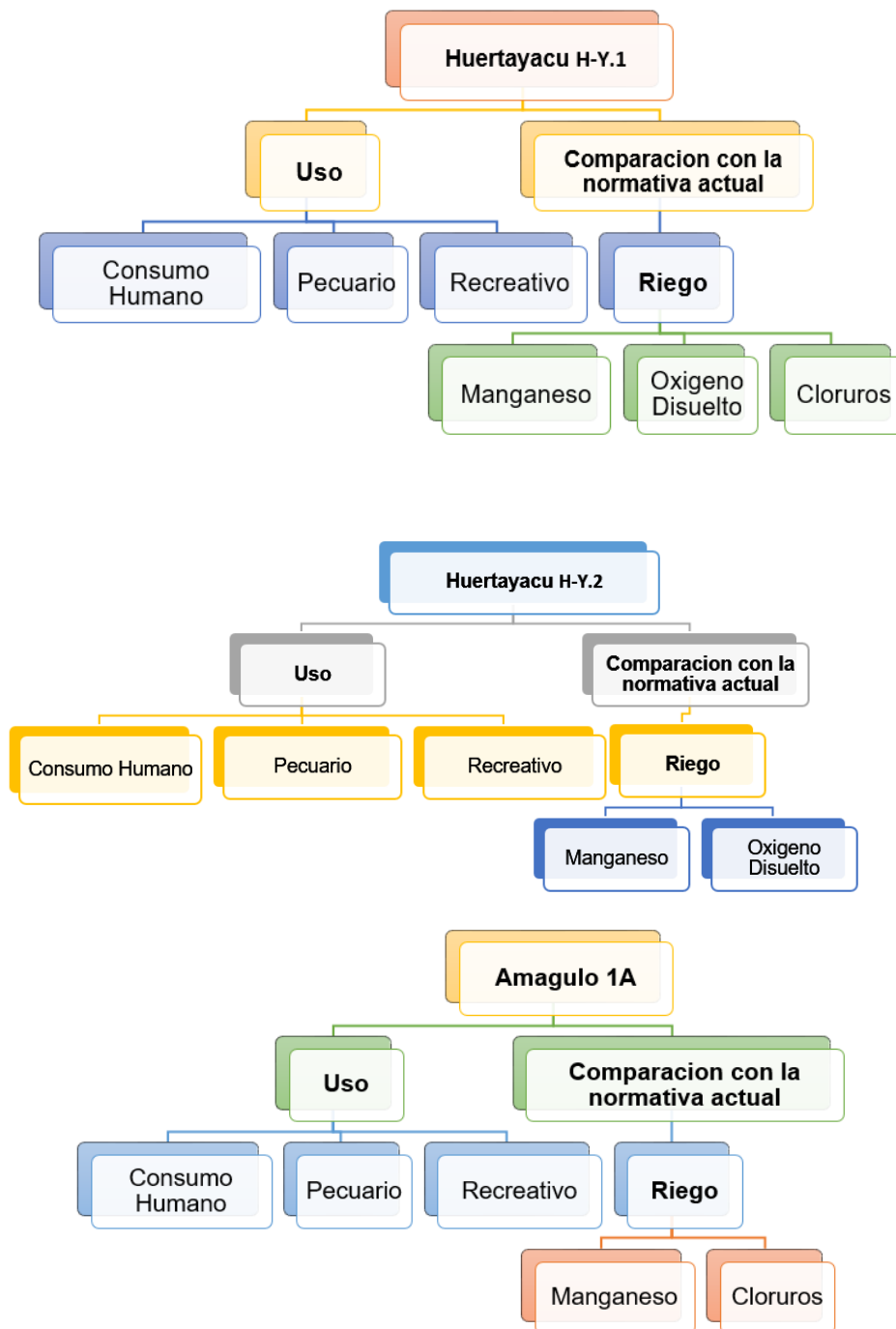


Figura 3.55 Uso de las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

Con la ayuda del software Civil 3D se realizaron los perfiles de las posibles áreas de abastecimiento, para esto se descargó las cartas topográficas de la parroquia de

Sangolquí y el Quinche en la página del Instituto Geográfico Militar del Ecuador, con la ayuda del GPS de mano se tomaron los puntos de referencia y se procedió a dibujar los perfiles y las planimetrías de las vertientes.

Una vez obtenidas las curvas de nivel, así como las cotas del terreno tanto de la zona de muestreo como las posibles zonas de abastecimiento de las vertientes, se realizaron 5 perfiles en los cuales se detalla la trayectoria que tendrá el agua en un sistema de abastecimiento por bombeo, desde las vertientes ubicadas en Huertayacu y Amagulo hacia las casas y complejos recreativos aledaños.

En la figura 3.56, se puede visualizar la vista en planta de las vertientes H-Y.1 y H-Y.2 y sus puntos de abastecimiento.

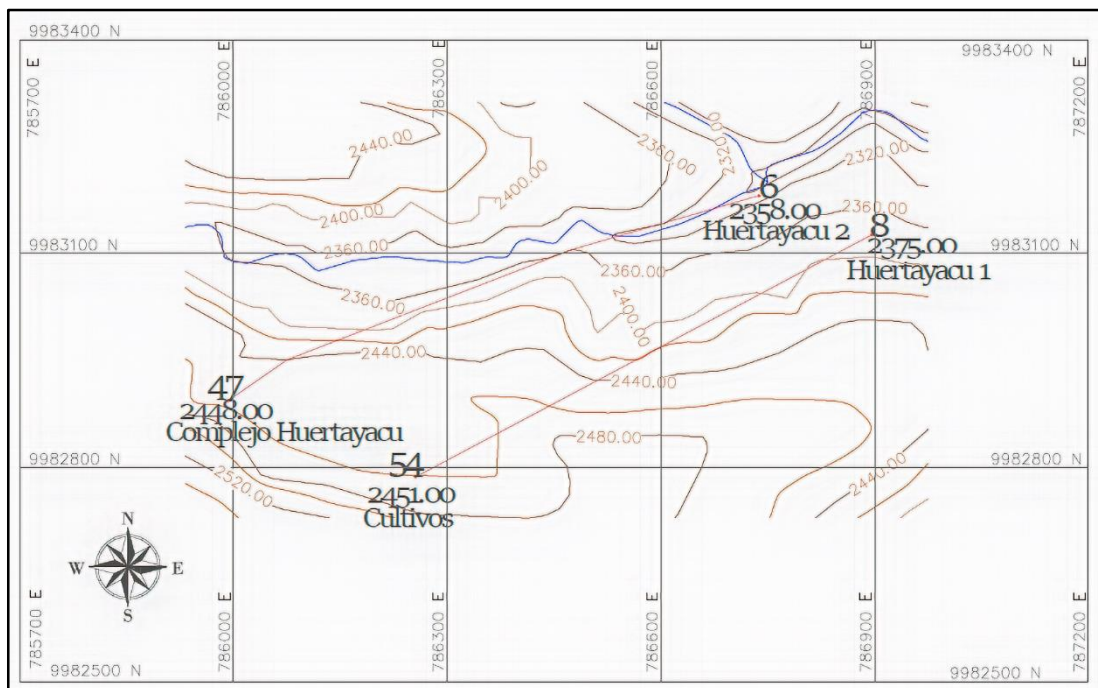


Figura 3.56 Vista en planta de las vertientes H-Y.1 y H-Y.2 (Flores & Calderon, 2020).

En la figura 3.57, presenta el perfil de la vertiente H-Y.1, en el cual se puede observar que la vertiente se encuentra ubicada en la cota 2380 msnm, mientras que el punto de abastecimiento que son los cultivos aledaños al sector se encuentran a 2460 msnm, existe una diferencia de cotas de 80 msnm, siendo apropiado la distribución del agua por un sistema de bombeo.

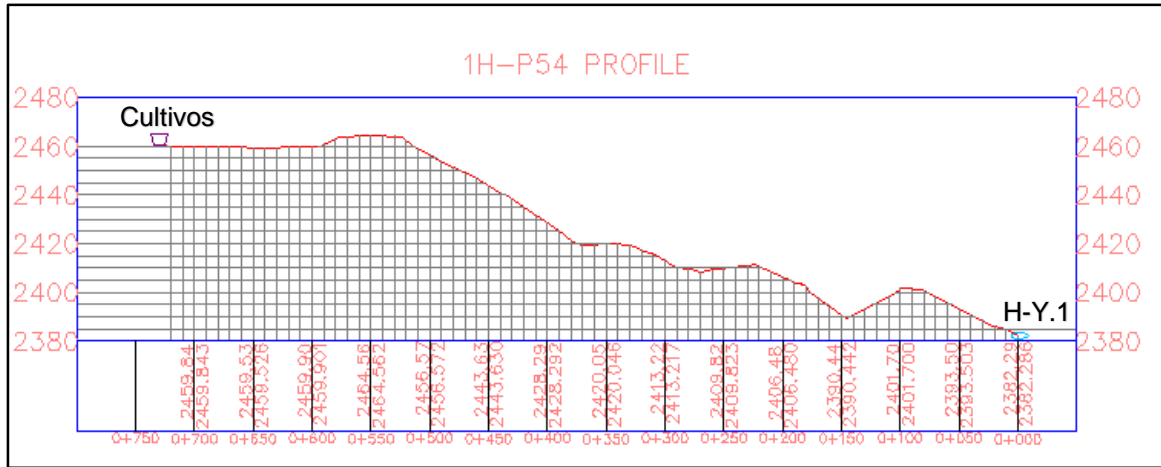


Figura 3.57 Perfil de la vertiente H-Y.1 hacia las casas con sembríos aledaños (Flores & Calderon, 2020).

En la figura 3.58, se puede visualizar el perfil de la vertiente H-Y.2, la vertiente se encuentra ubicada en la cota 2300 msnm, mientras que el punto de abastecimiento que es el complejo que lleva el mismo nombre se encuentra a 2460 msnm, existe una diferencia de cotas de 160 metros, siendo apropiado la distribución del agua por un sistema de bombeo.

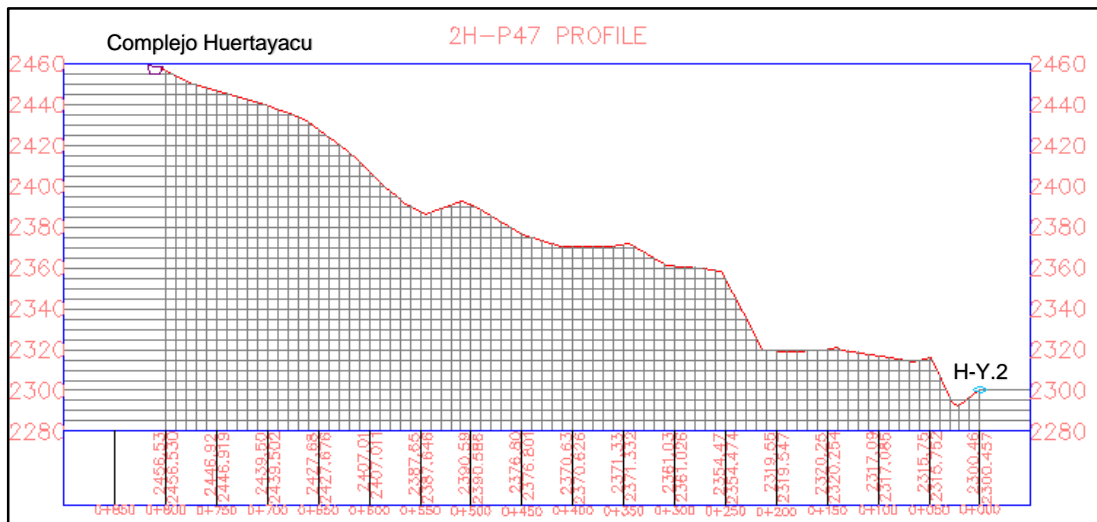


Figura 3.58 Perfil de la vertiente H-Y.2 hacia el complejo Huertayacu (Flores & Calderon, 2020).

En la figura 3.59, presenta la vista en planta de la vertiente Amagulo y sus puntos de abastecimiento.

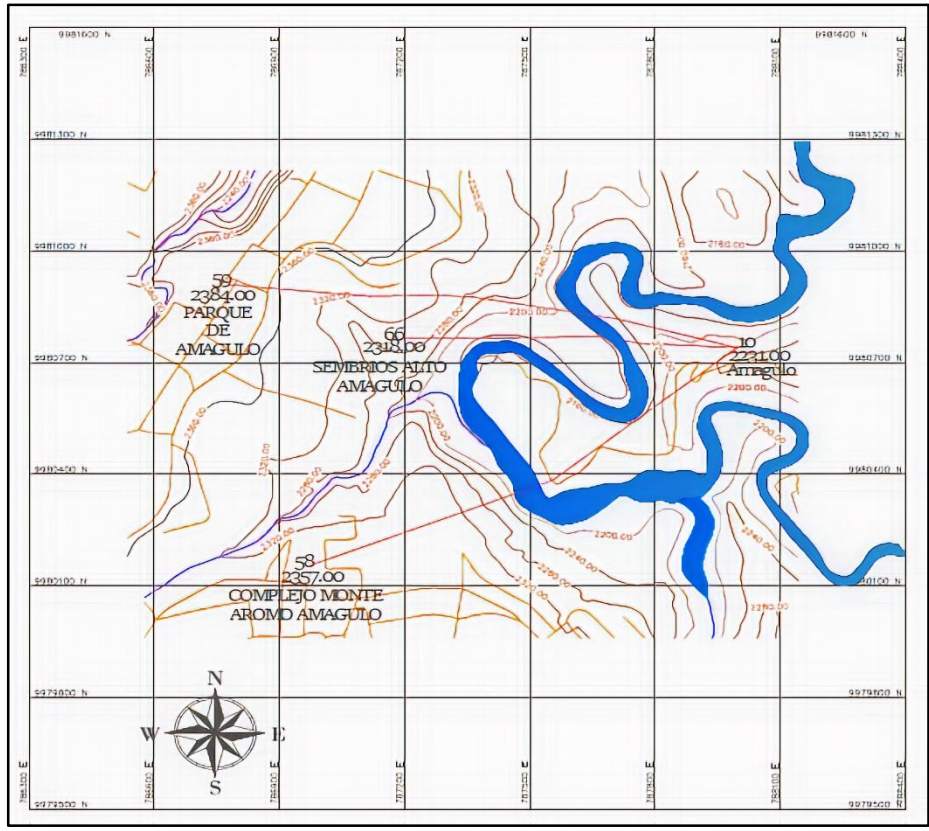


Figura 3.59 Vista en planta de la vertiente Amagulo (Flores & Calderon, 2020).

Se realizaron tres perfiles en la figura 3.60, se puede visualizar el perfil de la vertiente Amagulo la cual se encuentra ubicada en la cota 2220 msnm, mientras que el punto de abastecimiento que es el Complejo Monte Aromo se encuentra a 2320 msnm, existe una diferencia de cotas de 100 metros, siendo apropiado la distribución del agua por un sistema de bombeo.

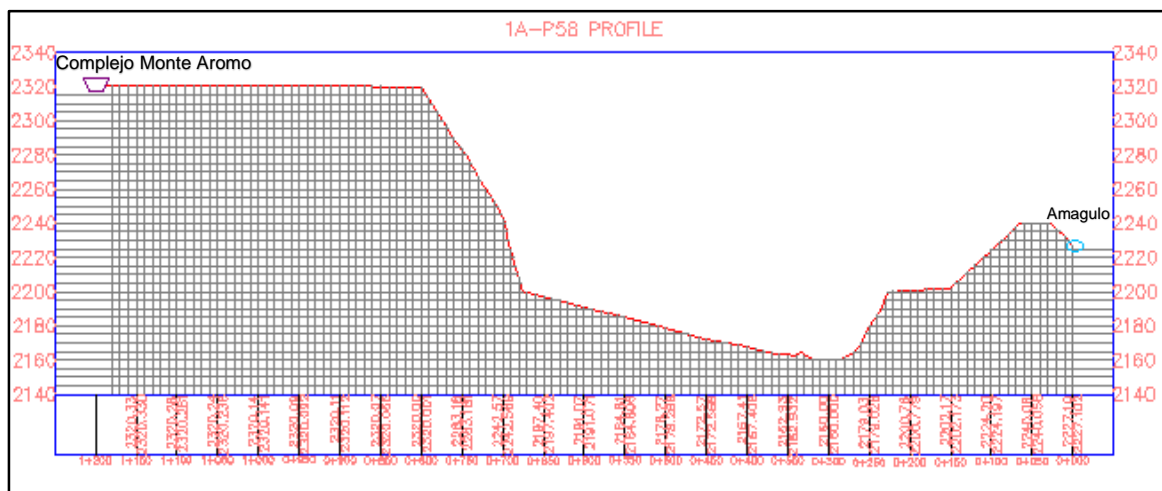


Figura 3.60 Perfil de la vertiente Amagulo hasta el Complejo Monte Aromo (Flores & Calderon, 2020).

En la figura 3.61, se visualiza el perfil de la vertiente Amagulo en el cual se puede visualizar que la vertiente se encuentra ubicada en la cota 2230 msnm, mientras que el punto de abastecimiento se encuentra a 2360 msnm, existe una diferencia de cotas de 130 metros, siendo apropiado la distribución del agua por un sistema de bombeo.

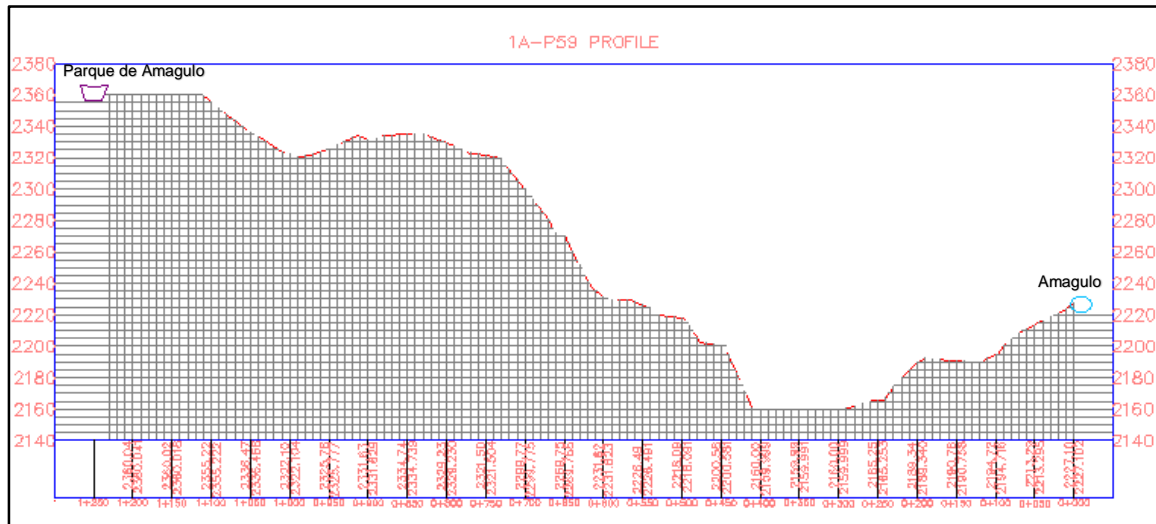


Figura 3.61 Perfil de la vertiente Amagulo hasta el parque Amagulo, 2020.

En la figura 3.62, se puede visualizar el perfil de la vertiente Amagulo en el cual se puede visualizar que la vertiente se encuentra ubicada en la cota 2220 msnm, mientras que el punto de abastecimiento se encuentra a 2320 msnm, existe una diferencia de cotas de 100 metros, siendo apropiado la distribución del agua por un sistema de bombeo.

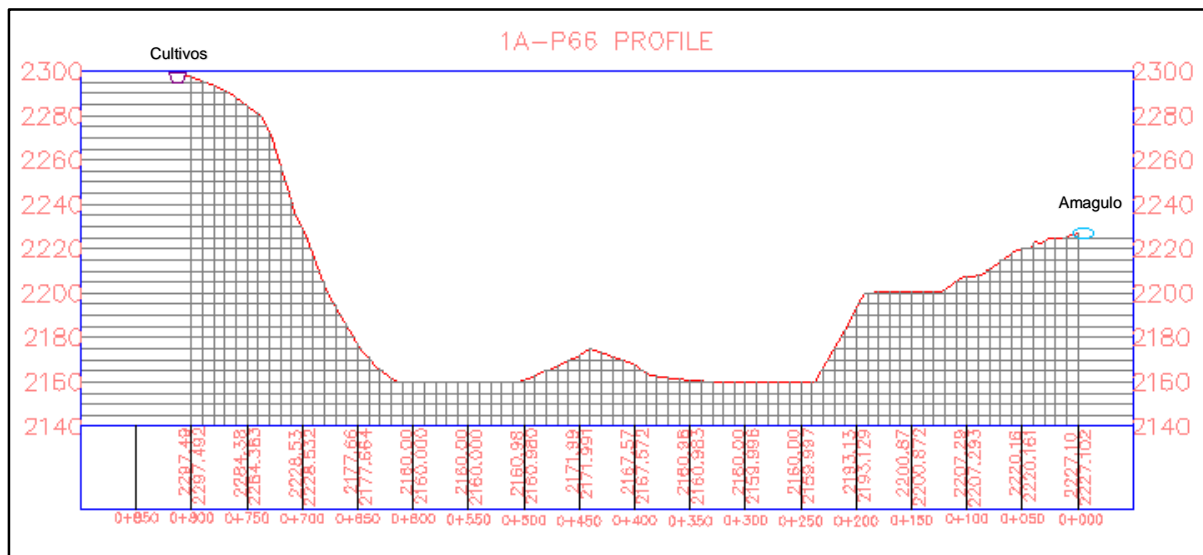


Figura 3.62 Perfil de la vertiente Amagulo hasta las casas con sembríos aledaños, 2020.

Con la ayuda del software Google Earth se colocó la ubicación de las vertientes y los posibles puntos de abastecimiento que se encuentran cercanos a las vertientes, como se puede visualizar en las figuras 3.63 y 3.64, el punto 47 corresponde a la entrada al

Complejo Huertayacu, el punto 54 corresponde a los cultivos cercanos, el punto 58 pertenece Complejo Turístico Monte Aromo, el punto 59 es el parque de Amagulo y el punto 66 corresponde a los sembríos cercanos a la vertiente.

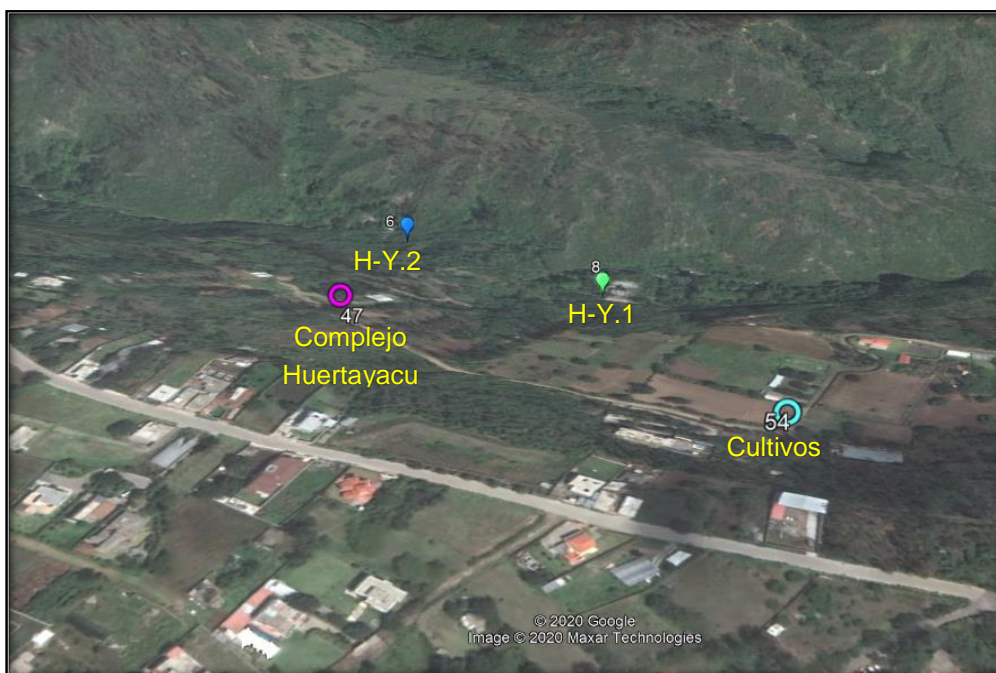


Figura 3.63 Puntos de distribución del agua en Huertayacu (Flores & Calderon, 2020).



Figura 3.64 Puntos de distribución del agua en Amagulo (Google Earth, 2020).

La vertiente de agua ubicada en Amagulo se encuentra cerca de las zonas de distribución, pero por su difícil acceso no es recomendable distribuir el agua para las diversas

actividades que va a utilizar la comunidad, debido a que se necesita un sistema de bombeo y un puente de elevación sobre el río Machángara para poder distribuir el agua.

3.5. Uso y cobertura del suelo en un sistema de riego en Nayón

La parroquia de Nayón no cuenta con canales de riego, el único sistema de riego existente en el barrio San Pedro del Valle, pero el mismo no posee un tratamiento adecuado, el agua que usan para regar los cultivos es proveniente del río Machángara, por tal motivo es de suma importancia implementar un sistema de riego eficiente en la parroquia, debido a que varias familias del sector se dedican al cultivo de plantas ornamentales y al turismo (GAD Nayón, 2018, pág. 115).

Con la ayuda del programa ArcGis, capas de información georreferenciada del Instituto Geofísico Militar (IGM), Sistema Nacional de Información (SNI), Sistema de Información Pública Agropecuaria, se puede realizar el análisis del uso y cobertura del suelo del sector aledaño a las vertientes.

En la figura 3.65, se puede visualizar el uso y cobertura del suelo cercano a las vertientes Huertayacu previamente analizadas, donde existe vegetación arbustiva húmeda, misceláneos frutales, misceláneos de ciclo corto, plantas de eucalipto y zonas urbanizadas.

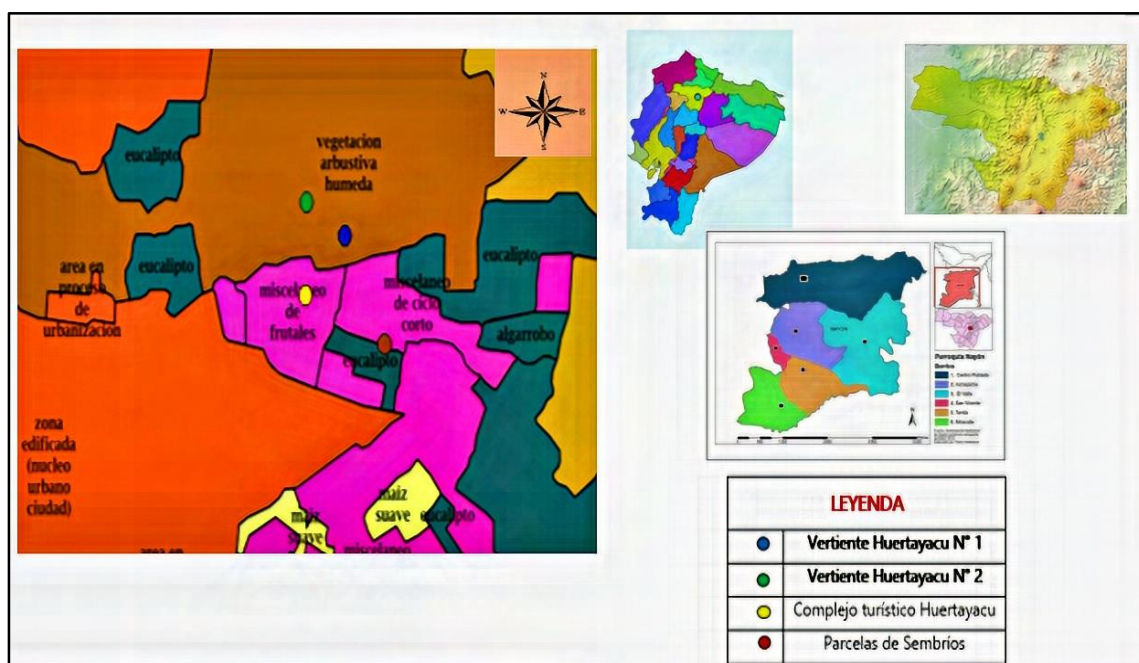


Figura 3.65 Uso y cobertura del suelo de las Vertientes H-Y.1 y H-Y.2 (Flores & Calderon, 2020).

En la figura 3.66, se puede visualizar el uso y cobertura del suelo cercano a la vertiente Amagulo, donde existe vegetación arbustiva húmeda y seca, misceláneos frutales, áreas en proceso de urbanización, vegetación herbácea seca y algarrobo.

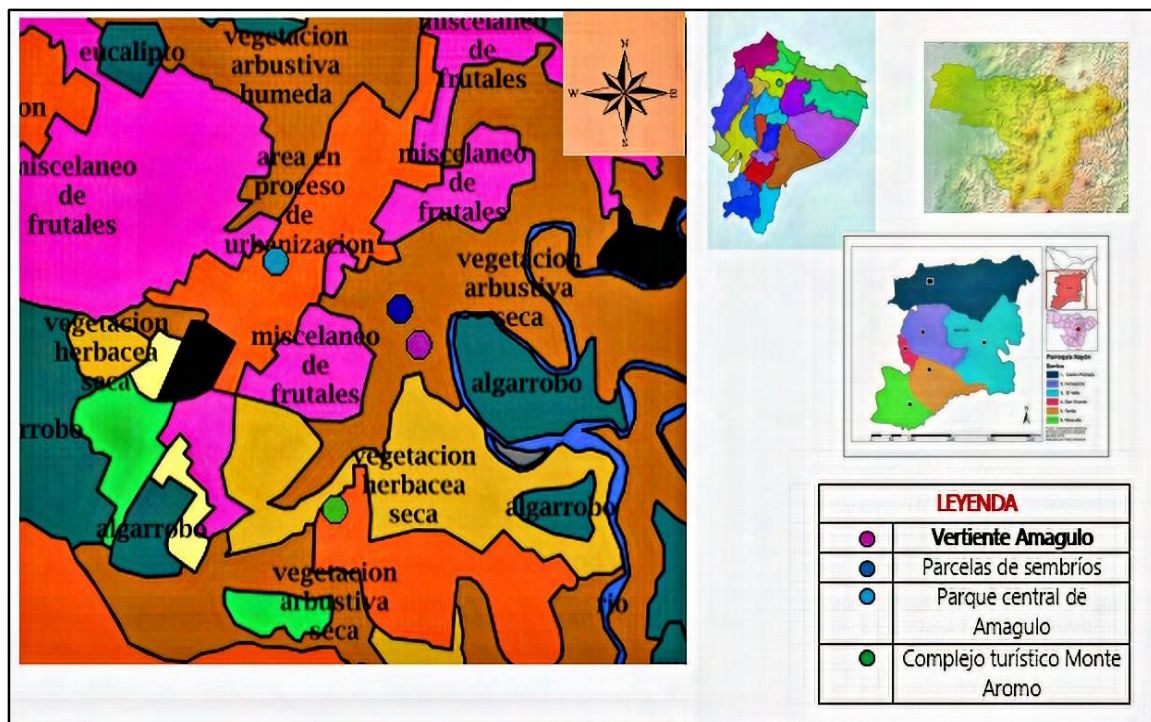


Figura 3.66 Uso y cobertura del suelo de las Vertientes Amagulo (Flores & Calderon, 2020).

Por lo tanto, el uso y cobertura del suelo cercano a las vertientes es idóneo para diversas actividades agrícolas, pero se debe de tomar en cuenta el diseño de un canal de riego.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos en el muestreo

Los parámetros físicos que se analizaron *In situ* son: temperatura, conductividad, pH, turbidez y oxígeno disuelto, se realizaron tres muestreos en cada punto. La Tabla 4.1, muestra los resultados de los parámetros de calidad del agua, registrados *In situ*, en las vertientes estudiadas, durante las dos estaciones del año, invierno y verano.

Tabla 4.1. Resultados obtenidos en cada muestreo (Flores & Calderon, 2020).

Parámetros		Unidades	H-Y.1 Resultados	H-Y.2 Resultados	1A Resultados	
INVIERNO	PRIMER MUESTREO	Temperatura	°C	18,2	18,6	19,22
		Turbidez	NTU	4,3	0,24	0,16
		Potencial Hidrogeno	pH	7	7,5	7,6
		Conductividad	μS/cm	314	316	524
		OD	mg/L	4,22	4,15	3,86
VERANO	SEGUNDO MUESTREO	Temperatura	°C	18,42	18,89	19,41
		Turbidez	NTU	0,81	0,17	0,16
		Potencial Hidrogeno	pH	7,53	7,54	7,35
		Conductividad	μS/cm	314	316	524
		OD	mg/L	3,12	3,13	3,07
VERANO	TERCER MUESTREO	Temperatura	°C	18,45	18,97	19,42
		Turbidez	NTU	0,342	0,17	0,17
		Potencial Hidrogeno	pH	7,56	7,56	7,36
		Conductividad	μS/cm	314	316	524
		OD	mg/L	2,99	2,99	3
		Caudal	L/s	4	3.78	4,034

4.1.1. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente H-Y.1

Como se observa en la figura 4.1, los valores obtenidos de la turbidez y del oxígeno disuelto en la época invernal son mayores a comparación con los valores en la época de verano, esto se da por la presencia de partículas en suspensión existentes en la vertiente

producto del arrastre de sólidos por parte de la precipitación que se dio en esa época del año.

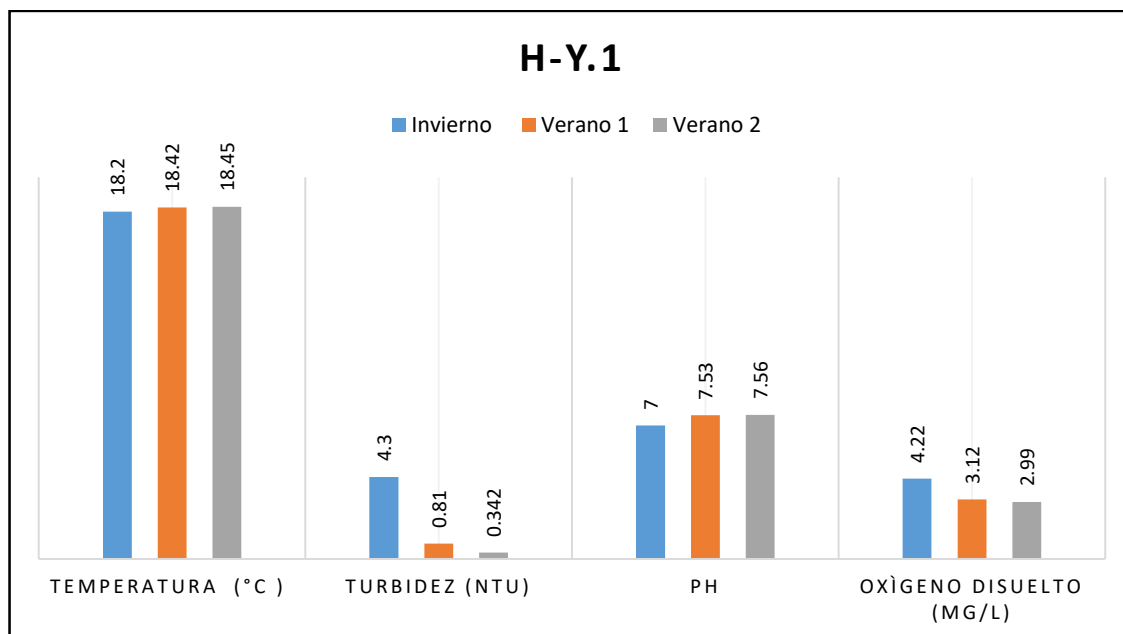


FIGURA 4.1 Análisis de los parámetros en la época de invierno y verano en la vertiente H-Y.1, (Flores & Calderon, 2020).

4.1.2. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente H-Y.2

En la figura 4.2, se observa que, al comparar los valores obtenidos en la época de invierno y verano, el parámetro que varía con respecto a los otros, es el oxígeno disuelto, su valor se va reduciendo, a medida que el valor de la temperatura aumenta y viceversa, efecto causado principalmente por la aparición de algas en la vertiente.

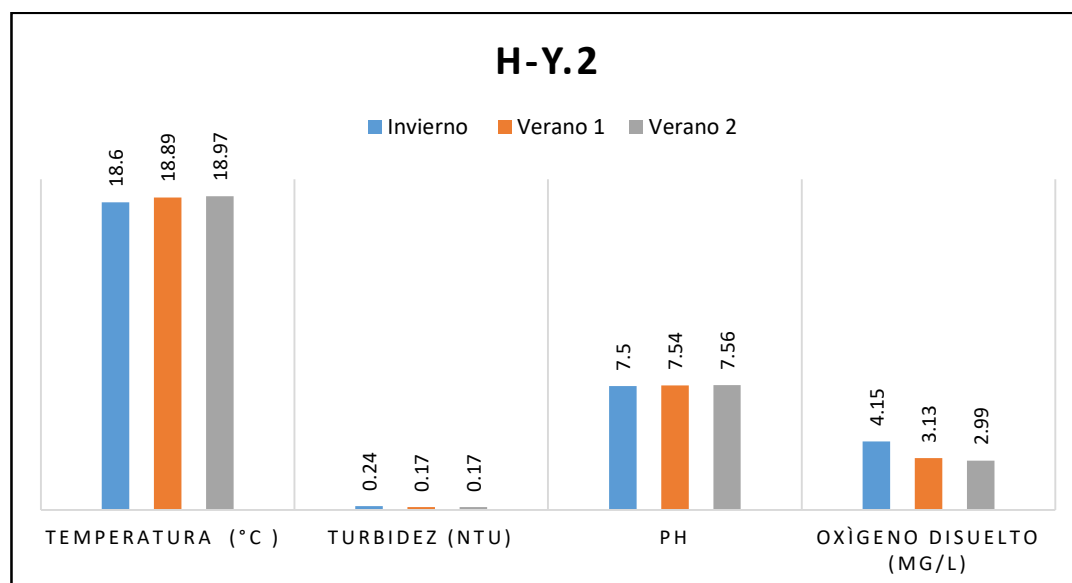


FIGURA 4.2 Análisis de los parámetros en la época de invierno y verano en la vertiente H-Y.2, (Flores & Calderon, 2020).

4.1.3. Análisis de los resultados obtenidos en la vertiente Amagulo

Los valores obtenidos en los muestreos realizados como se observa en la figura 4.3, ninguno de los parámetros varía significativamente, al encontrarse ubicada esta vertiente al interior de una galería construida por los moradores, sus características físicas no varían, al no estar en contacto directo con agentes naturales como lluvia o viento.

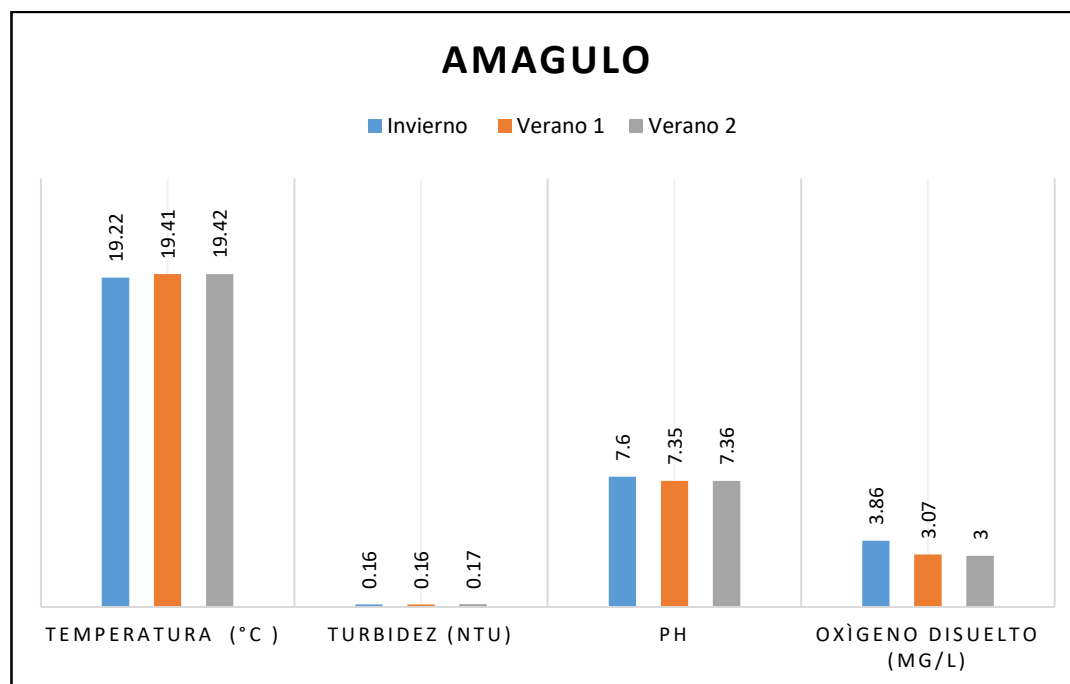


FIGURA 4.3 Análisis de los parámetros en la época de invierno y verano en la vertiente Amagulo, (Flores & Calderon, 2020).

4.2. Comparación de los parámetros físico- químicos y microbiológicos con la normativa vigente.

Los resultados obtenidos luego de realizar los ensayos físicos, químicos y bacteriológicos en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la EPN, fueron comparados con la normativa ambiental vigente, en este caso con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA, Libro 6 Anexo 1. así como también con la Norma INEN 1108 referente al agua potable como se visualiza en las Tablas 4.2, 4.3, y 4.4.

Observación:

Los cuadros subrayados de rojo indican los parámetros que no cumplieron con los límites máximos permisibles en la normativa al vigente.

(-) significa que el parámetro no está especifico en las normativas.

Tabla 4.2. Primer punto comparación con la normativa vigente (Flores & Calderon, 2020).

HUERTAYACU PRIMER PUNTO H-Y.1							
Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible (TULSMA)				Límite máximo permisible (INEN1108)
			RIEGO	CONSUMO	PECUARIO	RECREATIVO	Valor
Temperatura	°C	18,33	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	1,7	-	100	-	-	5
pH	-	7,35	6-9	6-9	6-9	-	-
Conductividad	µS/cm	314	-	-	-	-	-
OD	mg/L	4,22	3	-	-	-	-
% OD	-	45	-	-	>80	-	-
Caudal	L/s	4	-	-	-	-	-
Nitratos	mg/L $N - NO_3$	0,56	-	50	50	-	50
Nitritos	mg/L $N - NO_2$	0,045	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Fosfatos	mg/L PO_4^{3-}	0,646	-	-	-	-	5
Color verdadero	Pt-Co	6,6	-	6 a 9	-	-	-
Color aparente	Pt-Co	9,5	-	75	-	-	15
Aluminio	mg/L Al^{-3}	0,029	5	-	-	-	-
Cobre	mg/L Cu	0,033	0,2	2	2	-	2
Hierro	mg/L Fe^{2+}	0,053	5	1	-	-	50
Manganeso	mg/L Mn	0,36	0,2	-	-	-	0,4
Nitrógeno amoniacal	mg/L NH_3	0,083	-	-	-	-	-
Dureza total	mg/L $CaCO_3$	87,3	-	500	-	-	-
Dureza cálcica	mg/L Ca^{2+}	36,03	-	-	-	-	-
Alcalinidad	mg/L $CaCO_3$	37,6	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO_4	27,3	250	500	-	-	-
Cloruros	mg/L Cl_2	21,77	4	250	-	-	-
DQO	mg/L	2	-	<4	-	-	-
DBO_5	mg/L	0,76	-	<2	-	-	-
ST	mg/L	204,16	-	-	-	-	-
SS	mg/L	57,5	-	-	-	-	-
SDT	mg/L	161,6	-	-	3000	3000	-
Coliformes Totales	NMP/100mL	12,20	-	-	-	2000	<1,1
Coliformes Fecales	NMP/100mL	21,67	1000	1000	. 1000	200	<1,1

Tabla 4.3. Segundo punto comparación con la normativa vigente (Flores & Calderon, 2020).

HUERTAYACU SEGUNDO PUNTO H-Y.2							
Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible (TULSMA)				Límite máximo permisible (INEN1108)
			RIEGO	CONSUMO	PECUARIO	RECREATIVO	Valor
Temperatura	°C	18,40	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	1,12	-	100	-	-	5
pH	-	7,57	6-9	6-9	6-9	-	-
Conductividad	µS/cm	316	-	-	-	-	-
OD	mg/L	3,12	3	-	-	-	-
% de OD		38	-	-	>80	-	-
Caudal	L/s	3.78	-	-	-	-	-
Nitratos	mg/L $N - NO_3$	0,55	-	50	50	-	50
Nitritos	mg/L $N - NO_2$	0,009	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Fosfatos	mg/L PO_4^{3-}	0,60	-	-	-	-	5
Color verdadero	Pt-Co	8	-	6 a 9	-	-	-
Color aparente	Pt-Co	9,5	-	75	-	-	15
Aluminio	mg/L Al^{-3}	0,029	5	-	-	-	-
Cobre	mg/L Cu	0,03	0,2	2	2	-	2
Hierro	mg/L Fe^{2+}	0,02	5	1	-	-	50
Manganeso	mg/L Mn	0,8	0,2	-	-	-	0,4
Nitrógeno amoniacal	mg/L NH_3	0,072	-	-	-	-	-
Dureza total	mg/L $CaCO_3$	86,69	-	500	-	-	-
Dureza cálcica	mg/L Ca^{2+}	46,04	-	-	-	-	-
Alcalinidad	mg/L $CaCO_3$	23,3	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO_4	27,5	250	500	-	-	-
Cloruros	mg/L Cl_2	1,5	4	250	-	-	-
DQO	mg/L	2	-	<4	-	-	-
DBO ₅	mg/L	0,74	-	<2	-	-	-
ST	mg/L	238,3	-	-	-	-	-
SS	mg/L	21,66	-	-	-	-	-
SDT	mg/L	173,3	-	-	3000	3000	-
Coliformes Totales	MP/100mL	15,28	-	-	-	2000	<1,1
Coliformes Fecales	MP/100mL	16,79	1000	1000	1000	200	<1,1

Tabla 4.4. Tercer punto comparación con la normativa vigente (Flores & Calderon, 2020).

AMAGULO TERCER PUNTO 1A							
Parámetros	Unidades	Resultados	Límite máximo permisible (TULSMA)				Límite máximo permisible (INEN1108)
			RIEGO	CONSUMO	PECUARIO	RECREATIVO	Valor
Temperatura	°C	19,46	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	0,256	-	100	-	-	5
pH	-	7,39	6-9	6-9	6-9	-	-
Conductividad	µS/cm	524	-	-	-	-	-
OD	mg/L	2,99	3	-	-	-	-
% de OD		35	-	-	>80	-	-
Caudal	L/s	4,03	-	-	-	-	-
Nitratos	mg/L $N - NO_3$	2,55	-	50	50	-	50
Nitritos	mg/L $N - NO_2$	0,028	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2
Fosfatos	mg/L PO_4^{3-}	1,14	-	-	-	-	5
Color verdadero	Pt-Co	7,5	-	6 a 9	-	-	-
Color aparente	Pt-Co	8	-	75	-	-	15
Aluminio	mg/L Al^{-3}	0,047	5	-	-	-	-
Cobre	mg/L Cu	0,055	0,2	2	2	-	2
Hierro	mg/L Fe^{2+}	0,026	5	1	-	-	50
Manganeso	mg/L Mn	0,43	0,2	-	-	-	0,4
Nitrógeno amoniacal	mg/L NH_3	0,063	-	-	-	-	-
Dureza total	mg/L $CaCO_3$	71,06	-	500	-	-	-
Dureza cálcica	mg/L Ca^{2+}	30,03	-	-	-	-	-
Alcalinidad	mg/L $CaCO_3$	24,6	-	-	-	-	-
Sulfatos	mg/L SO_4	28,6	250	500	-	-	-
Cloruros	mg/L Cl_2	22,25	4	250	-	-	-
DQO	mg/L	2	-	<4	-	-	-
DBO ₅	mg/L	0,88	-	<2	-	-	-
ST	mg/L	239,16	-	-	-	-	-
SS	mg/L	15	-	-	-	-	-
SDT	mg/L	202,5	-	-	3000	3000	-
Coliformes Totales	MP/100mL	10,90	-	-	-	2000	<1,1
Coliformes Fecales	MP/100mL	22,95	1000	1000	. 1000	200	<1,1

4.3. Análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos

En la Tabla 4.5, presenta el uso que se le va a dar a cada una de las vertientes analizadas.

Tabla 4.6. *Uso de las vertientes (Flores & Calderon, 2020).*

USO DEL AGUA DE LAS VERTIENTES					
Vertientes	Consumo Humano	Pecuario	Recreativo	Riego	Observación
Huertayacu 1	✓	X	✓	X	Los parámetros como manganeso (0,36mg/L), el % de saturación del oxígeno disuelto (45%), coliformes fecales (21,67 MNP/100mL) y coliformes totales (12,20 NMP/100 mL) no cumplen , debido a que en la reforma TULSMA el límite máximo permisible del manganeso es 0.2 mg/L, % de OD es >80, mientras que en la norma INEN 1108 el límite máximo permisible de coliformes fecales y totales es < 1,1.
Huertayacu 2	X	X	✓	X	Los parámetros como manganeso (0,8mg/L), el % de saturación del oxígeno disuelto (38%), coliformes fecales (16,79 MNP/100mL) y coliformes totales (15,28 NMP/100 mL) no cumplen , debido a que en la reforma TULSMA el límite máximo permisible del manganeso es 0.2 mg/L, % de OD es >80, mientras que en la norma INEN 1108 el límite máximo permisible del manganeso es 0,4 mg/L, coliformes fecales y totales es < 1,1.
Amagulo	X	X	✓	X	Los parámetros como oxígeno disuelto (2,99 mg/L), el % de saturación del oxígeno disuelto (45%), manganeso (0,43 mg/L), cloruros (22,25 mg/L), coliformes fecales (22,95 MNP/100mL) y coliformes totales (10,90 NMP/100 mL) no cumplen , debido a que en la reforma TULSMA el límite máximo permisible del manganeso es 0.2 mg/L, % de OD es >80, mientras que en la norma INEN 1108 el límite máximo permisible de manganeso es de (0,4 mg/L) coliformes fecales y totales es < 1,1.

4.3.1. Turbidez y Sólidos Suspendidos

En la figura 4.4, se observan que los valores obtenidos de la turbidez no sobrepasan el límite máximo permisible establecidos en norma INEN 1108 que indican un máximo de 5 NTU, en cuanto a los sólidos suspendidos se puede evidenciar que en la Vertiente de Huertayacu 1, son mayores que los obtenidos en los otros dos puntos de muestreo, debido a que en esta vertiente se encontró gran cantidad de algas así como de materia en suspensión, por este motivo existe un incremento de sólidos y por ende la turbiedad en el agua es notable.

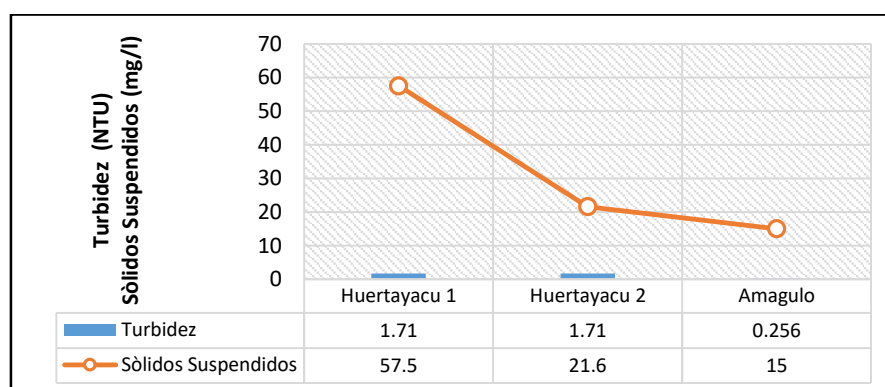


FIGURA 4.4 Variación de la turbiedad y sólidos suspendidos (Flores & Calderon, 2020).

4.3.2. Sólidos Disueltos Totales y Conductividad

Si el agua de la vertiente contiene mayor cantidad de sólidos disueltos, mayor va a ser su conductividad. De acuerdo con el análisis este parámetro se observa que en cada vertiente el valor de la conductividad es directamente proporcional a la de los sólidos disueltos. En la figura 4.5, se observa que, en el muestreo realizado en las vertientes, Amagulo es la que posee mayor cantidad de sólidos disueltos por ende su conductividad es mayor, este incremento se debe a que existe mayor cantidad de algas y materia orgánica.

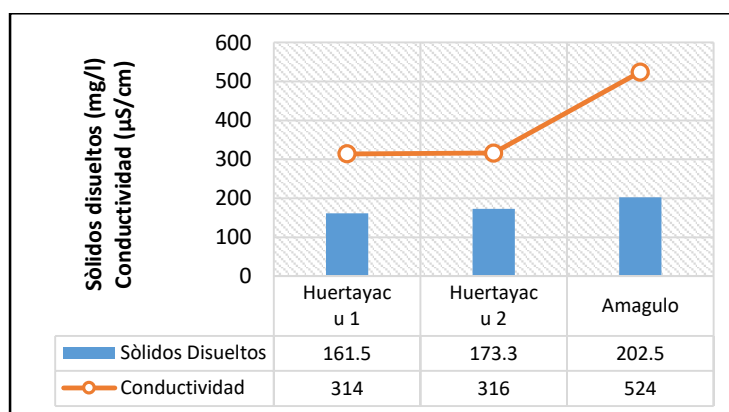


FIGURA 4.5 Variación de sólidos disueltos y conductividad (Flores & Calderon, 2020).

4.3.3. Temperatura y Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto presente en una muestra de agua depende principalmente de la temperatura, debido a que si mayor es la temperatura menor es la cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua. Según los valores expuestos en la figura 4.6, se puede evidenciar que en la vertiente Huertayacu 1, se encuentra el valor más alto de oxígeno disuelto en cuanto a la temperatura este valor es el más bajo. Al contrario de Huertayacu 1, la vertiente de Amagulo posee la temperatura más alta disminuyendo así su cantidad de oxígeno disuelto que es la más baja de las 3 vertientes.

La poca cantidad de oxígeno disuelto presente en Amagulo se da principalmente a la descomposición de materia orgánica, ya sea por plantas o microorganismos lo que provoca una baja concentración de oxígeno disuelto. En cuanto a los valores de la temperatura en cuanto a Huertayacu 1 y Huertayacu 2, la variación de esta no fue significativa ya que las dos vertientes se encuentran ubicadas a un mismo piso climático, así como la vegetación presente alrededor de estas son parecidas. Sin embargo la altitud de Amagulo con respecto a las otras dos, es mucho menor aumentando así 1°C a su temperatura.

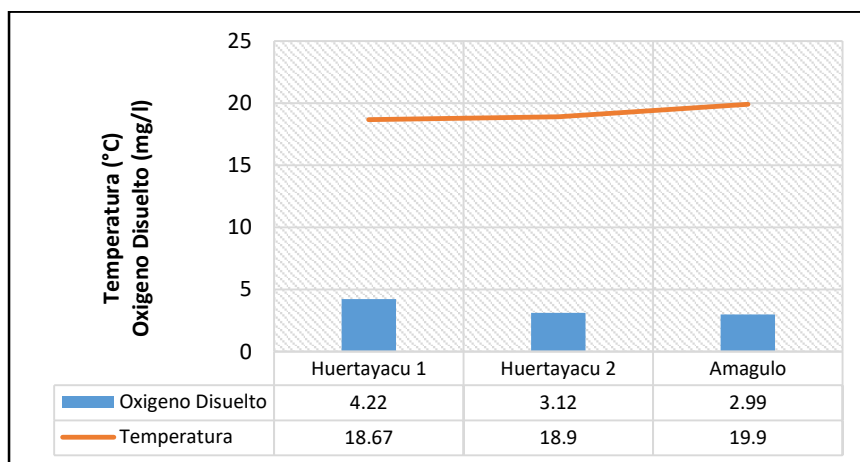


FIGURA 4.6 Variación de la temperatura y oxígeno disuelto (Flores & Calderon, 2020).

pH

En cuanto al pH como se indica en la figura 4.7, se encuentra en el rango 7.36 a 7.49, lo que nos representa condiciones neutras en cada una de las vertientes, comparando con la normativa vigente, este parámetro se encuentra bajo el límite máximo permisible establecido por el TULSMA e INEN 1108.

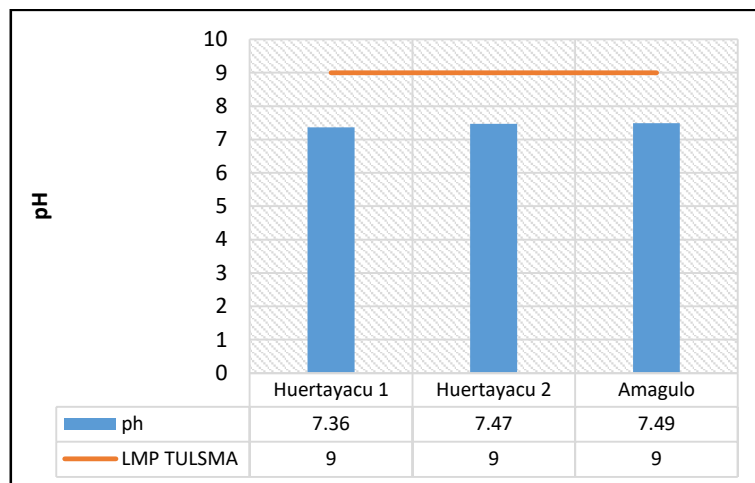


FIGURA 4.7 Variación del pH (Flores & Calderon, 2020).

4.3.4. Nutrientes

Los resultados obtenidos tanto en nitratos como fosfatos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de la normativa ecuatoriana INEN 1108, estableciendo un límite máximo en nitratos de 50 mg/l y en fosfatos, un límite máximo de 5 mg/l. como se puede observar en la figura 4.8, que en Amagulo existen valores mucho más alto que Huertayacu 1 y Huertayacu 2, debido a que en puntos cercanos de la vertiente existe actividad agrícola y asentamientos humanos, por lo que se da a entender la utilización de pesticidas y detergentes en los sembríos aledaños a las vertientes.

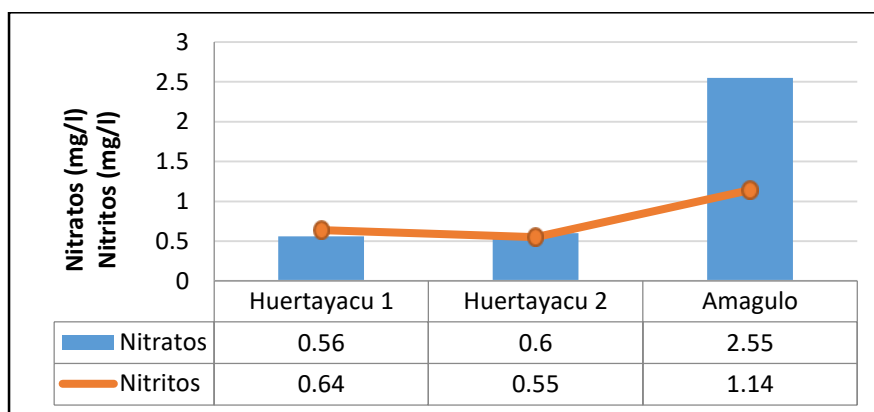


FIGURA 4.8 Variación de nitratos y fosfatos (Flores & Calderon, 2020).

4.3.5. Manganeso

Como se observa en la figura 4.9, este parámetro sobrepasa el límite máximo en las tres zonas de muestreo siendo el límite máximo permisible para agua de consumo de 0.4 mg/l según la normativa vigente INEN 1108, el valor elevado de manganeso en estas zonas se debe a los minerales que se encuentran de forma natural en las rocas que

rodean la vertiente, la elevada concentración de este mineral ocasionaría problemas de incrustaciones en las tuberías, así como problemas de olor y sabor del agua.

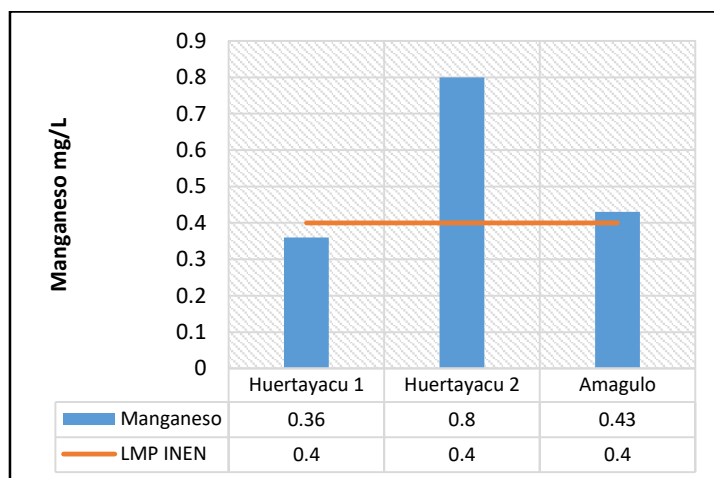


FIGURA 4.9 Variación del manganeso (Flores & Calderon, 2020).

4.3.6. Aluminio

Las concentraciones de aluminio como se observa en la figura 4.10, son mínimos en cada zona cumpliendo correctamente la normativa INEN 1108 para el consumo de agua potable, así como con el límite máximo permisible tanto para consumo como para riego y recreación establecida en el TULSMA.

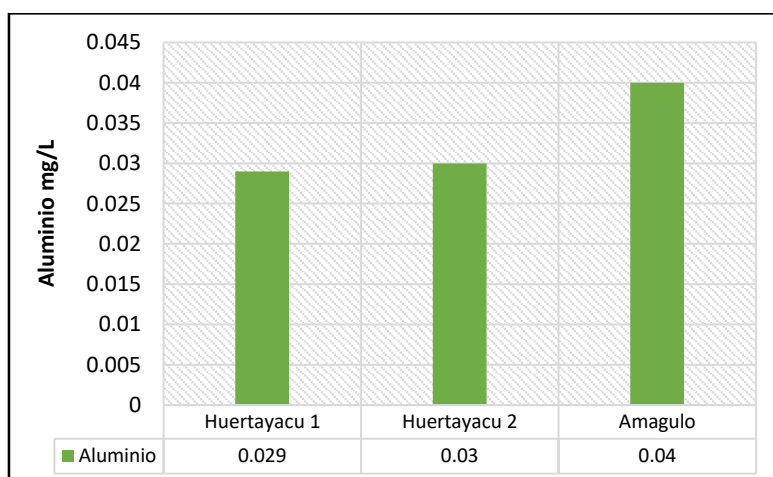


FIGURA 4.10 Variación del aluminio (Flores & Calderon, 2020).

4.3.7. Hierro

En cuanto a este parámetro se puede evidenciar en la figura 4.11, que las tres vertientes se encuentran bajo el límite máximo permisible establecido en el TULSMA deduciendo así que los valores obtenidos en este parámetro son aptos para el consumo, uso agrícola y recreacional.

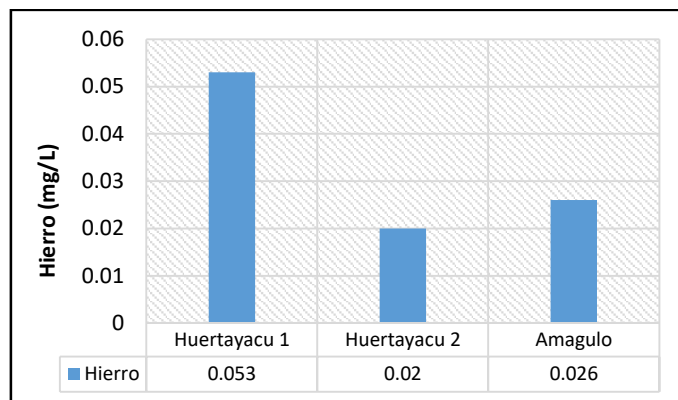


FIGURA 4.11 Variación del hierro (Flores & Calderon, 2020).

4.3.8. Color

En la figura 4.12, los datos obtenidos del color en los tres puntos de muestreo, cumplen con la norma INEN 1108 Agua Potable y con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente TULSMA Libro VI, Anexo I, los valores del color son óptimos para el consumo humano, riego, y recreativo.

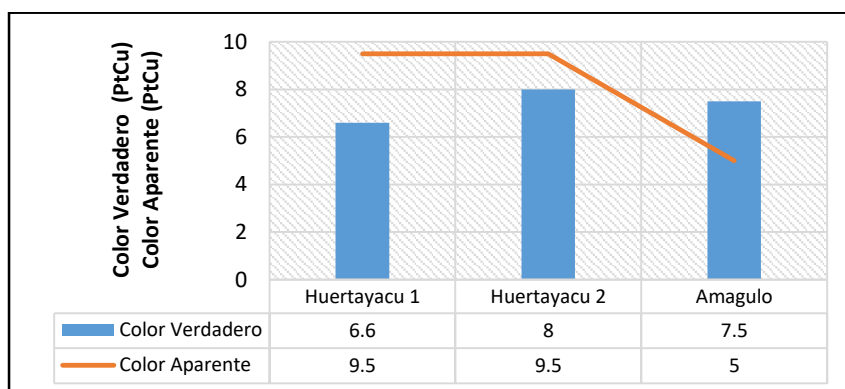


FIGURA 4.12 Variación del color verdadero y color aparente (Flores & Calderon, 2020).

4.3.9. DBO5 y DQO

Como se puede evidenciar en la figura 4.13, los resultados obtenidos tanto en, DBO5 como en DQO están dentro de la normativa ambiental (TULSMA) referente al consumo como uso agrícola y recreativo, así como a la normativa INEN 1108 para consumo humano, se puede observar también que el valor de la DQO, fueron de rango bajo debido a que las muestras a analizarse provenían de agua cruda.

El valor obtenido de la DQO generalmente será mayor que los de la DBO, debido a que en una muestra de agua existe tanto carga orgánica como inorgánica. Al hacer el análisis de la DQO, se oxida absolutamente todo tanto orgánico como inorgánico, mediante una digestión química. En la DBO se usan microorganismos para degradar únicamente la materia orgánica, es decir, es una parte de la DQO.

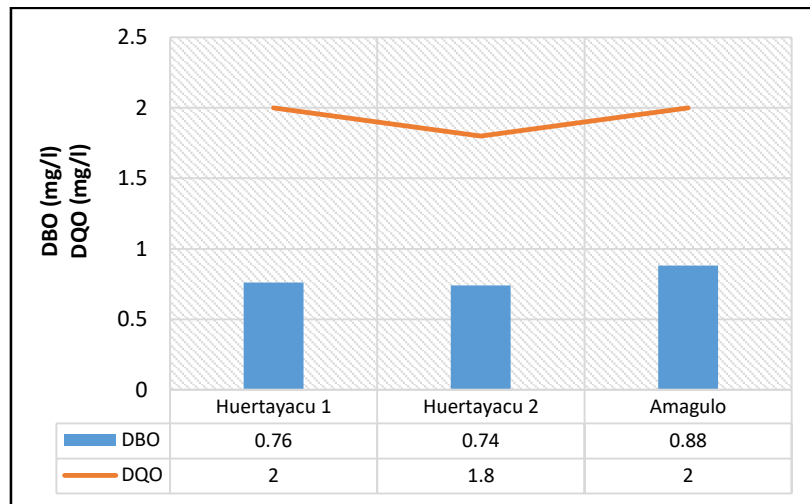


FIGURA 4.13 Variación de la DBO_5 y DQO en las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

Sólidos Totales

En la figura 4.14, se observa que la concentración de sólidos totales varía entre 204,16 a 239,16 mg/L, Amagulo presenta una concentración alta de sólidos totales, esto se debe a que puede existir escorrentía superficial, arena que se encuentra en el agua, o por fuentes antropogénicas como residuos urbanos que son descargados en la superficie de la vertiente.

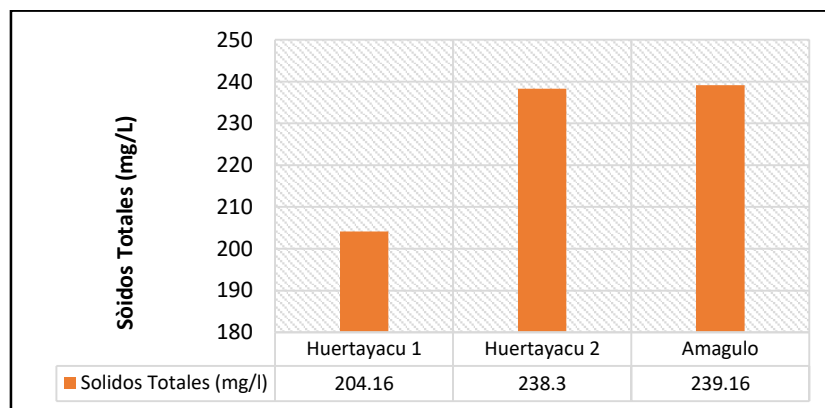


FIGURA 4.14 Variación de los sólidos totales (Flores & Calderon, 2020).

Cloruros

Como se observa en la figura 4.15, la vertiente H-Y-2, es la única vertiente que cumple con el límite máximo permisible que indica un valor de 4 mg/l para riego según el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, tabla 2, Huertayacu 1 y Amagulo presentan cantidades elevadas de cloruros sobrepasando así el límite máximo, esta elevada cantidad de cloruros se atribuye a la disolución de minerales así como aguas contaminadas que se mezclan con pesticidas provenientes del sector agrícola que se infiltran en la superficie.

Las concentraciones elevadas de cloruros podrían causar problemas en las conducciones y tuberías, así como también en niveles muy altos puede llegar a ser tóxico para muchas plantas.

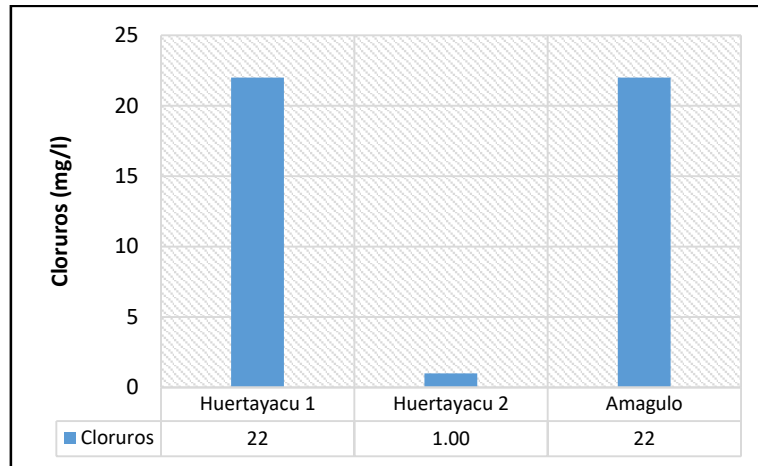


FIGURA 4.15 Variación del cloruro en las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

Coliformes Totales

En la figura 4.16, se observa la presencia de coliformes totales en cada una de las vertientes, al tratarse del uso del agua para consumo humano lo que se espera es que no exista presencia de coliformes, sin embargo, en la versión anterior del TULSMA, se indica que el límite máximo permisible es de 50 NMP/100 ml, tomando en cuenta ese valor, las vertientes cumple con la normativa.

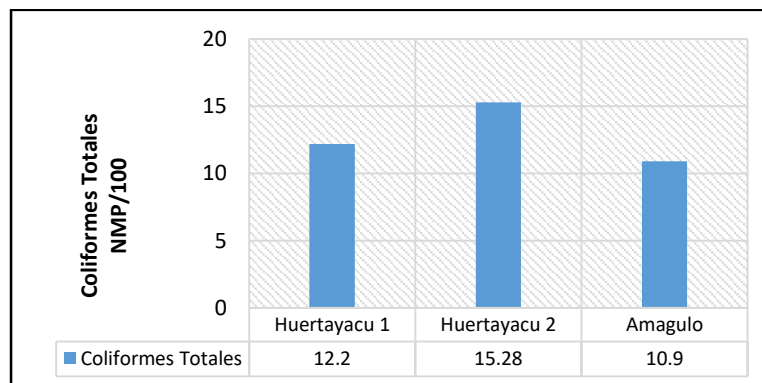


FIGURA 4.16 Variación del coliformes totales en las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

Coliformes Fecales

En la figura 4.17, se observa la presencia de coliformes fecales en las vertientes, comparando con el TULSMA 2015, cumple con los límites máximos permisibles que es 1000 NMP/100, mientras que en la Norma INEN 1108 establece que el límite máximo permisible es $< 1,1$, por lo cual se determina que este parámetro no se cumple en ninguna de las vertientes con respecto a esta normativa.

Observación: $< 1,1$ significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo (INEN, 2011).

La vertiente Huertayacu 2 tiene el valor más bajo de coliformes fecales con respecto a las otras dos vertientes, en este punto no se pudo evidenciar actividad agrícola en los alrededores de esta zona, en contrario con los otros dos puntos existían sembríos y ganado en zonas cercas a las vertientes.

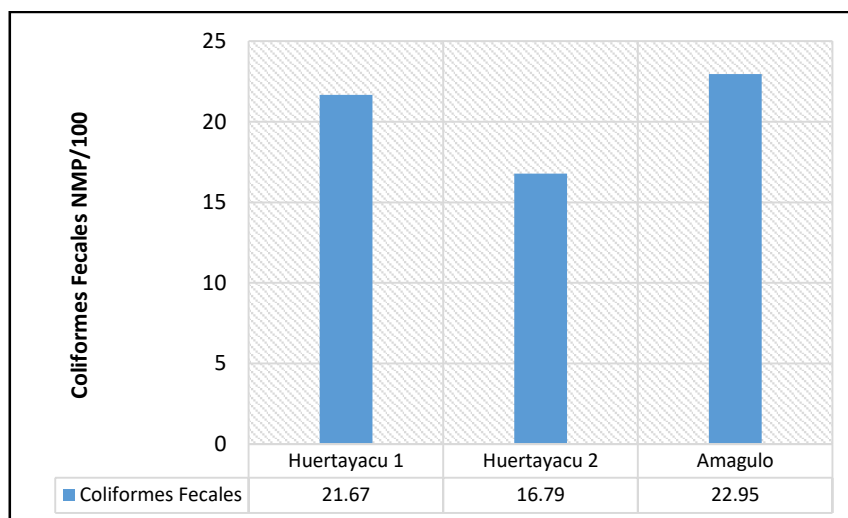


FIGURA 4.17 Variación de Coliformes totales y Coliformes fecales (Flores & Calderon, 2020).

4.4. Índice de Calidad de las vertientes

El índice de calidad del agua (ICA) se utiliza para determinar el uso que se le puede dar a las vertientes, se hace el uso de una tabla con los parámetros previamente analizados para determinar el nivel de contaminación que tiene la fuente.

4.4.1. Índice de Calidad de la vertiente H-Y.1

Como se observaba en la Tabla 4.6, el ICA es de **76,69** este resultado se da principalmente por el bajo contenido de oxígeno disuelto, este parámetro es el de mayor ponderación ya que está relacionado con procesos fundamentales como la fotosíntesis, descomposición de sustancias orgánicas, así como otras reacciones químicas. Dicha vertiente al encontrarse ubicada en una perforación de la tierra realizada por comuneros y representantes de la junta parroquial en forma de túnel, no permite la circulación del aire.

La vertiente se encuentra ubicada en una perforación de la tierra realizada por comuneros y representantes de la junta parroquial en forma de túnel, no permite que el aire circule adecuadamente en el interior de la vertiente por lo que existe una baja cantidad de oxígeno. Dándonos como resultado que el ICA de esta vertiente es de **buena calidad**, esto no asegura que sea apta para el consumo humano sin un tratamiento previo a la potabilización.

Tabla 4.6. Evaluación del Índice de Calidad del agua en la vertiente H-Y.1, 2020.

Parámetros	Unidades	Resultado	Si	(W_i)	$ICA = \sum_{i=1}^n I_i W_i$
% de Oxígeno Disuelto	mg/L	4,5	35	0,17	5,95
Coliformes fecales	NMP/100	21,67	65	0.16	10,4
Potencial Hidrogeno	pH	7.3	88	0.11	9,68
DBO₅	mg/L	0,76	93	0.11	10,34
Fosfatos	mg/L	0.64	80	0.10	8
Nitratos	mg/L	0,76	98	0.10	9,8
Temperatura	°C	18,67	93	0.10	9,3
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	161,5	78	0.07	5,46
Turbiedad	NTU	1.71	96	0.08	7,76
Σ				1	76,69

4.4.2. Índice de Calidad de la vertiente H-Y.2

En la Tabla 4.7, se observa que el el ICA es de **77,035**, esto nos indica que el agua de la vertiente es de **buena calidad**, esto no asegura que sea apta para el consumo humano sin un tratamiento de potabilización. Al igual que la vertiente H-Y.1 el factor principal a analizar es el oxígeno disuelto debido a que esta vertiente fue construida en forma de túnel en la parte lateral de una montaña por lo que dificulta la circulación de oxígeno así como el crecimiento bacteriano al existir una pequeña cantidad de O.D, otro de los parámetros que disminuye la calidad del agua en esta vertiente son los coliformes fecales debido a que en zonas aledañas a la vertiente se encontró un tipo de basurero al aire libre, lo que genera infiltración hacia la vertiente, como se visualiza en la figura 4.18.



Figura 4.18 Basura en descomposición aledaño a la vertiente H-Y. 2

Tabla 4.7 Evaluación del Índice de Calidad Ambiental en la vertiente H-Y.2, 2020.

Parámetros	Unidades	Resultado	Si	(W_i)	$ICA = \sum_{i=1}^n I_i W_i$
% de Oxígeno Disuelto	mg/L	3,8	35	0,17	5,95
Coliformes fecales	NMP/100	16,79	70	0.16	1,12
Potencial Hidrogeno	pH	7,47	88,5	0.11	9,74
DBO_5	mg/L	0,74	94	0.11	10,34
Fosfatos	mg/L	0,6	79	0.10	7,9
Nitratos	mg/L	0,55	98	0.10	9,8
Temperatura	°C	18,9	91	0.10	9.1
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	173,3	75	0.07	5,25
Turbiedad	NTU	1,71	97	0.08	7,76
Σ				1	77,035

4.4.3. Índice de Calidad de la vertiente Amagulo

En la Tabla 4.8, se observa que el el ICA es de **69.045**, por lo cual su calidad es **regular**, esto quiere decir que es necesario un sistema de tratamiento para poder potabilizarla y consumirla. Las cantidades de oxígeno disuelto que se monitorearon en esta zona fueron demasiado bajas por lo que dificulta la ejecución de procesos acuáticos, otro parámetro que contribuyo a la baja calidad de agua son los coliformes fecales ya que la construcción de esta vertiente facilita el ingreso de animales que se pongan en contacto con la vertiente.

Tabla 4.8 Evaluación del Índice de Calidad Ambiental en la vertiente Amagulo 2020.

Parámetros	Unidades	Resultado	Si	(W_i)	$ICA = \sum_{i=1}^n I_i W_i$
% de Oxígeno Disuelto	mg/L	3,5	20	0,17	3,4
Coliformes fecales	NMP/100	22,95	65	0.16	10.4
Potencial Hidrogeno	pH	7,49	88,5	0.11	9,735
DBO_5	mg/L	0,88	95	0.11	10,45
Fosfatos	mg/L	1,14	40	0.10	4
Nitratos	mg/L	2,55	90	0.10	9
Temperatura	°C	19,9	95	0.10	9.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	202,5	72	0.07	5,04
Turbiedad	NTU	2,56	94	0.08	7.52
Σ				1	69,045

En la figura 4.19, se visualiza la variación del ICA-NSF en cada una de las vertientes.

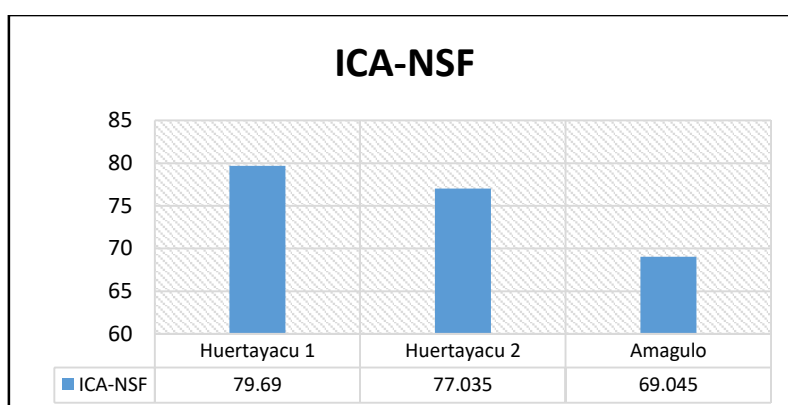


Figura 4.19 Índice de calidad del agua en las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

4.5. Factibilidad del uso de las vertientes Huertayacu y Amagulo

Consumo humano

- La vertiente H-Y.1, cumple con los límites máximos permisibles descritos en la reforma al TULSMA, 2015 para consumo humano, mientras que en la reforma INEN 1108, no cumple.
- La vertiente H-Y.2, no cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la norma INEN 1108 para consumo humano, debido a que el resultado obtenido del manganeso es de 0.8 mg/L, lo que sobrepasa el límite máximo

permisible de 0,4 mg/L, coliformes fecales y totales deben ser < 1, mientras que en la reforma al TULSMA, 2015 si cumple lo establecido.

- La vertiente Amagulo, no cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la norma INEN 1108 para consumo humano, debido a que el resultado obtenido del manganeso es de 0.43 mg/L, lo que sobrepasa el límite máximo permisible de 0,4 mg/L, coliformes fecales y totales deben de ser < 1, mientras que en la reforma al TULSMA, 2015 si cumple lo establecido.

Uso recreativo

El agua para uso recreativo debe de cumplir con los siguientes parámetros:

- Coliformes fecales y totales NMP/100 ml **<1000**.
- El pH debe de estar entre **5 a 9**.
- Temperatura **< 30°C**.
- Turbiedad **15 NTU**

Si el agua de las vertientes va a ser usada para piscinas debe de cumplir con los siguientes parámetros:

- Alcalinidad **> 50 mg/L**.
- Cloruros **< 1000 mg/L**.
- Coliformes fecales NMP/100 ml **< 200**.
- Coliformes totales NMP/100 ml **< 1000**.
- Dureza **150 – 1000 mg/L**.
- pH debe de estar entre **7 a 8.5**.
- Turbiedad **< 10 NTU**.
- Temperatura **18 – 29 °C**

Por lo tanto, las tres vertientes cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la reforma al TULSMA Libro VI, Anexo 1 y la Norma INEN 1108.

Uso pecuario

El agua para uso pecuario debe de cumplir con los siguientes parámetros:

- Aluminio = **5 mg/L**.
- Cobre = **0.5 mg/L**.
- Nitratos = **100 mg/L**.
- Nitritos = **10 mg/L**.
- SDT= **3000 mg/L**.

La vertiente H-Y.1, no cumple los límites máximo permisibles en la reforma al TULSMA, debido a que el resultado obtenido del % de saturación del O.D, es 45, mientras que lo óptimo es < 80, mientras que en la norma INEN 1108 si cumple lo establecido.

La vertiente H-Y.2, no cumple los límites máximo permisibles en la reforma al TULSMA, debido a que el resultado obtenido del % de saturación del O.D, es 38, mientras que lo óptimo es < 80, mientras que en la norma INEN 1108 si cumple lo establecido.

La vertiente Amagulo no cumple los límites máximo permisibles en la reforma al TULSMA, debido a que el resultado obtenido del % de saturación del O.D, es 35, mientras que lo óptimo es < 80, mientras que en la norma INEN 1108 si cumple lo establecido.

Uso agrícola

En el Anexo V. se puede visualizar la tabla de la calidad del agua para irrigación, criterios para la calidad del agua para riego. La Tabla 4.9, se presenta la calidad de las vertientes para el uso agrícola.

Tabla 4.9. Criterios del agua para uso agrícola (Romero, 2009, pág. 398).

Vertientes	Parámetros	Calidad del agua para irrigación	Calidad de agua para riego		
			Riesgo	Concentración máxima mg/l	Observaciones
Huertayacu 1	SDT, mg/L	< 175 - Excelente	< 450- Ninguno	-	-
	Cloruros, mg/L	< 150 - Excelente	< 140- Ninguno	-	-
	Sulfatos, mg/L	< 190- Excelente	-	-	-
Huertayacu 2	Aluminio, mg/L	-	-	5	En suelos con pH 5,5 y 8,8 eliminaran la toxicidad.
	Cobre, mg/L	-	-	0.2	Toxico para varias plantas.
	Hierro, mg/L	-	-	5	Puede contribuir a la acidificación del suelo.
Amagulo	Manganeso, mg/L	-	-	0.2	Toxico para varias plantas.
	Coliformes totales NMP/100 ml	-	-	5000	Control frecuente para prevenir enfermedades
	Coliformes fecales NMP/100 ml	-	-	1000	Control frecuente para prevenir enfermedades

Las vertientes H-Y.1 y H-Y.2, tienen una excelente calidad de irrigación, pero el manganeso no cumple con los parámetros máximos permisibles para el uso agrícola (0.2 mg/L), al existir un incremento de Mn en el agua eleva el riesgo de aparición de obturaciones en los sistemas de goteo, las concentraciones elevadas de manganeso pueden acelerar el crecimiento biológico en los sistemas de distribución y contribuir a los problemas de sabor y olor en el agua, así mismo aumentan la demanda de cloro u otros oxidantes aplicados en la desinfección.

La vertiente Amagulo, no cumple con los límites máximos permisibles para el uso agrícola establecidos en la reforma al TULSMA, debido a que el resultado obtenido del oxígeno disuelto es de 2,99 mg/L, que es menor a 3 mg/L establecido, manganeso es de 0,43 mg/L, lo que sobrepasa el limite permisible de 0,2 mg/L y cloruros es de 22,25mg/L, lo que sobrepasa el limite permisible de 4 mg/L.

En la Tabla 4.10, se puede visualizar la distribución para el uso de las vertientes:

Tabla 4.10. Factibilidad de uso de las vertientes (Flores & Calderon, 2020).

Vertientes	Distancia desde la vertiente hasta el lugar de distribución	Lugar de distribución
Huertayacu 1	35.59 m	Piscina
	13.88 m	Hospedaje
	180.60 m	Restaurante del complejo
	219.14 m	Entrada al complejo
	214.43 m	Huertos de cultivos
	271.26 m	Casas aledañas
Huertayacu 2	160.82 m	Hospedaje
	208.09 m	Entrada al complejo
	243.43 m	Huertos de cultivos
	401.37 m	Casa
Amagulo	559.71 m	Complejo turístico Monte Aromo
	540.29 m	Parque de Amagulo
	256.51 m	Area de cultivos
	303.49 m	Casas aledañas al ojo de agua

Análisis Huertayacu

Como se puede visualizar en la Tabla 4.10, la vertiente con más factibilidad para su uso es H-Y.1 que se encuentra más cerca al complejo y puede abarcar más puntos de abasteciendo. La distancia que existe entre las dos vertientes es de 167.66 m, por este motivo se recomienda usar el agua de la vertiente más cercana.

Como se visualizó el complejo utiliza el agua de la vertiente H-Y.2 que se encuentra más lejos, pero solo se utiliza para una piscina y una cabaña que se encuentra cerca del lugar.

Al realizar los respectivos perfiles de cada area de distribución se concluyó que el sistema más adecuado para el uso del agua es un sistema de bombeo, siendo imposible su abastecimiento por gravedad, debido a las pendientes existentes en la zona.

Análisis Amagulo

La vertiente va a ser utilizada para el riego de los sembríos y para el complejo turístico Monte Aromo que es administrado por el GAD de la parroquia, en esta vertiente se recomienda usar un sistema de bombeo, debido a que se encuentra lejos de los puntos de distribución y no es de fácil acceso obtener el agua.

Al diseñar el sistema de bombeo se debe tomar en cuenta el diseño de un paso de quebrada, lo que implica un elevado costo de implementación, por este motivo se debe priorizar el uso del agua.

4.6. Socialización de resultados con la comunidad

No se pudo efectuar la socialización de los resultados y análisis realizados de las vertientes, debido a que el país se encuentra en estado emergencia a causa del Covid-19, por este motivo se planea realizar la socialización cuando las autoridades pertinentes permitan realizar reuniones presenciales.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los parámetros de calidad de agua analizados *In situ* cumplen con los límites máximos permisibles a excepción del oxígeno disuelto, establecidos en las normativas ambientales vigentes TULSMA, Libro VI, Anexo 1 y Norma INEN 1108, mientras que los análisis realizados el laboratorio, evidencian el incumplimiento de los límites máximos permisibles de los parámetros: manganeso, cloruros, coliformes fecales y totales en las tres vertientes.
- El Índice de Calidad Ambiental (ICA-NSF) determino que las vertientes Huertayacu 1 y Huertayacu 2, necesitan un tratamiento previo al uso o consumo, su calidad del agua es Buena al encontrarse en el rango de 71 a 80, mientras que la calidad del agua de la vertiente Amagulo es Regular al encontrarse en el rango de 51 a 70.
- Los valores del caudal que se obtuvieron de las vertientes son los siguientes: en la vertiente Huertayacu 1 es de 4 L/s, Huertayacu 2 es de 3.78 L/s y en la vertiente Amagulo es de 4.034 L/s.
- Al realizar los perfiles de distribución del agua se determinó que las tres vertientes necesitan un sistema de distribución por bombeo con mayor enfoque en las vertientes Huertayacu 2 y Amagulo para poder distribuir el agua a las zonas de agricultura indicados por la comunidad y a los complejos turísticos Huertayacu y Monte Aromo, debido a que existe una diferencia de cotas notable entre los puntos de distribución y las vertientes. En el posible sistema de abastecimiento se deberá considerar un paso subfluvial sobre el rio San Pedro y Machángara en el caso de Amagulo, lo que implica un elevado costo de implementación, por este motivo no es viable la utilización del agua proveniente de Amagulo.
- La calidad del agua utilizada por los moradores de San Pedro de Nayón para el uso de la agricultura en viveros no se encuentra en óptimas condiciones, debido a que algunas personas utilizan el agua del rio Machángara para efectuar sus labores agrícolas, por esta razón es de suma importancia implementar un sistema de riego que cumpla con la normativa actual vigente y con los estándares de calidad.
- El uso y cobertura del suelo aledaño a las vertientes es idóneo para la realización de actividades agrícolas en el sector.

5.2. Recomendaciones

- La parroquia de Nayón no posee estudios previos de la calidad del agua de las vertientes que están en uso, por este motivo es de suma importancia realizar una línea base de todas las vertientes que posee la parroquia, para poder aprovechar este recurso.
- Realizar un mantenimiento periódico de las vertientes para evitar el crecimiento de vegetación, así como el retiro de sólidos acumulados al interior de los túneles que contiene el agua.
- Realizar estudios hidrogeológicos que permitan encontrar la potencia hídrica de acuíferos de agua subterránea analizados para determinar su vida útil y planificar proyectos a futuro en beneficio de la parroquia.
- Adecuar el acceso hacia los ojos de agua de Huertayacu 2 y Amagulo ya que en ciertos puntos se vuelve riesgoso el caminar por estas zonas.
- Generar conciencia en los pobladores del sector sobre el uso adecuado del agua y la protección a la naturaleza.
- Se debe implementar un programa de monitoreo de la calidad del agua para evaluar si con el pasar del tiempo las condiciones de las vertientes van mejorando o empeorando, y tomar acciones que ayuden a la conservación de las vertientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alejandro, R. (junio de 2002). *Índices de calidad y de contaminación del agua de importancia mundial*. Obtenido de Índices de calidad y de contaminación del agua de importancia mundial:
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf
- Auge, M. (15 de marzo de 2007). *AGUA FUENTE DE VIDA*. Obtenido de AGUA FUENTE DE VIDA:
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/aguafuentevida.pdf>
- Avila, J. P., & Cabrera, A. (2015). Fuentes principales de de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. En P. A. Julia, & C. S. Armando, *Fuentes principales de de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas* (Vol. 7, págs. 47-54). Merida, Mexico. Recuperado el 15 de 02 de 2020
- Bolaños, D. (1 de Febrero de 2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación en dos cantones de Alajuela*. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Boyd, C. E. (23 de Octubre de 2017). *Global Aquaculture Alliance*. Obtenido de Global Aquaculture Alliance: <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-2/>
- Cárdenas, J. (2005). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales*. Caldas: Fonde de Publicaciones.
- Cárdenas, J. (2005). *Calidad de aguas para estudiantes de ciencias ambientales*. Caldas: Fonde de Publicaciones.
- Carrillo, M., & Urgiles, P. (2016). *Determinación del Índice de Calidad de agua ICA-NSF*. Obtenido de Determinación del Índice de Calidad de agua ICA-NSF.
- Carrillo, M., & Urgiles, P. (2016). DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF. En M. Carrillo, & P. Urgiles, *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF* (pág. 126). Cuenca. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/tesis%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/tesis%20(1).pdf)
- CEPAL. (Agosto de 2015). *DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de DIAGNÓSTICO DE LAS ESTADÍSTICAS DEL AGUA EN ECUADOR:
<https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIC%202012-2.pdf>
- Chacón, M. Y. (2016). *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. Recuperado el 15 de abril de 2020, de Análisis físico y químico de la calidad del agua:
<https://bvirtual.epn.edu.ec:2117/lib/epnsp/reader.action?docID=5634929&query=calidad+de+agua>
- Díaz, J. P. (2 de agosto de 2007). *Universidad San Martín de Porres*. Obtenido de Universidad San Martín de Porres:

<https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>

- Díaz, J. P. (2 de agosto de 2007). *Universidad San Martín de Porres*. Obtenido de Universidad San Martín de Porres:
<https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html#:~:text=Asimismo%2C%20el%20agua%20contribuye%20a,animal%20y%20vegetal%20del%20planeta.&text=El%20agua%20es%20esencial%20para,y%20la%20regulaci%C3%B3n%20del%20clima>.
- ECUADOR, C. D. (2008). *Asamblea Constituyente del Ecuador*. Obtenido de Asamblea Constituyente del Ecuador:
https://web.oas.org/mla/en/Countries_Intro/ecu_intro_text_esp_1.pdf
- Flores. (2020). *Flores Nataly*.
- Flores, N., & Calderon, S. (14 de 02 de 2020).
- Foster, S. (Abril de 2007). *PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2019, de *PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA*:
http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/336486-1175813625542/Sp_Groundwaterquality_web.pdf
- GAD Nayón, J. P. (Octubre de 2018). *Nayon Jardín de Quito*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2019, de *Nayon Jardín de Quito*:
http://www.nayon.gob.ec/images/stories/lotaip2017/octubre/pdot_nayon_2017_2018_octubre.pdf
- Gómez, P. (12 de Octubre de 2018). *SALUD AMBIENTAL*. Obtenido de *SALUD AMBIENTAL*:
<https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/clorurs-26201/>
- Gonzales, L. (Diciembre de 2013). *Nitrógeno amoniacal*,. Obtenido de *Nitrógeno amoniacal*,:
<file:///C:/Users/natha/Downloads/334-Texto%20del%20art%C3%ADculo-482-1-10-20160721.pdf>
- Google Earth*. (2020).
- Gualán, M. (octubre de 2017). *Diseño de una ruta Turística como Aporte al Desarrollo Sostenible en*. Obtenido de *Diseño de una ruta Turística como Aporte al Desarrollo Sostenible en*: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12973/1/T-UCE-0004-36-2017.pdf>
- INEN. (06 de 2013). *CALIDAD DEL AGUA.MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRA*. Obtenido de *CALIDAD DEL AGUA.MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRA*:
<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-ENEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>
- INEN. (06 de 2013). *CALIDAD DEL AGUA.MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRA*. Obtenido de *CALIDAD DEL AGUA.MUESTREO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRA*:
<https://es.scribd.com/document/253539116/Muestreo-Manejo-y-Conservacion-de-Muestras>
- Juan Manuel Durán Juárez, A. T. (Agosto de 2006). *Los problemas del abastecimiento de agua en una ciudad media*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2019, de *Los problemas del*

- abastecimiento de agua en una ciudad media:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v12n36/v12n36a5.pdf>
- Larrea, M. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas*. Obtenido de
file:///C:/Users/BICA/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_181229302004.pdf
- LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, U. Y. (5 de agosto de 2014). *Asamblea Nacional del Ecuador*. Obtenido de LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA: <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Marín, C. M. (11 de Agosto de 2018). *Nueva tribuna.es*. Obtenido de Nueva tribuna.es: <https://www.nuevatribuna.es/articulo/sostenibilidad/agua-tierra-potable/20180811111600154749.html>
- Martel, A. B. (Julio de 2015). *ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de ASPECTOS FÍSICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>
- Matamoros, L. A. (Noviembre de 2008). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR GRAVEDAD Y BOMBEO, PARA EL CASERÍO XEABAJ II, ALDEA CHIQUISIS, Y POR GRAVEDAD, PARA LA ALDEA TZAMJUYUB DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ*. Obtenido de DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POR GRAVEDAD Y BOMBEO, PARA EL CASERÍO XEABAJ II, ALDEA CHIQUISIS, Y POR GRAVEDAD, PARA LA ALDEA TZAMJUYUB DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA IXTAHUACÁN, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ. : http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2941_C.pdf
- Metcalf, & Eddy. (2010). *Ingeniería de aguas residuales* (3era ed., Vol. 1). (A. Garcia, Ed.) Madrid, España: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA . Recuperado el 18 de Abril de 2020, de https://www.academia.edu/35963101/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales_Volumen_1_3ra_Edici%C3%B3n_-_METCALF_and_EDDY-FREELIBROS.ORG.pdf
- Monforte, G., & Cantu, P. (Febrero de 2009). *Escenario del Agua en Mèxico*.
- Moscoso, A. M. (Octubre de 2017). *El derecho al agua en el Ecuador*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019, de El derecho al agua en el Ecuador: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28582/1/El%20Derecho%20al%20Agua%20en%20Ecuador%20AMM.pdf>
- Nataly, F. (2020).
- NAYÒN, G. (22 de Octubre de 2012). Obtenido de http://www.nayon.gob.ec/images/stories/lotaip2014/k_planos_programas_d_institucion/pdotnayon.pdf
- OMS. (1999). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Obtenido de Guías para la Calidad del Agua Potable: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42187/9243545140-spa.pdf;jsessionid=A9C59A96CD0F16BBC33F69A164DC4079?sequence=1>

- OMS. (2018). *Agua, saneamiento y salud*. Obtenido de Agua, saneamiento y salud: https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/
- OMS, & UNICEF. (14 de junio de 2019). *Agua a nivel mundial*. Obtenido de Agua a nivel mundial: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Ordoñez, J. (2011). *Aguas Subterráneas—Acuíferos*. Obtenido de Aguas Subterráneas—Acuíferos: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/aguas_subterranas.pdf
- Ordoñez, J. (2011). *Ciclo Hidrológico*. Obtenido de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Paredes, J. (2013). *Importancia del Agua*. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Quijia, L. (2012). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2025* (Vol. 1). Quito, Pichincha, Ecuador: Multinivel. Recuperado el 18 de Febrero de 2020, de Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2012-2025.
- Ramirez, F. (29 de 03 de 2007). *EL MUESTREO DEL AGUA. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS*. Obtenido de EL MUESTREO DEL AGUA. TOMA Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS : <http://www.elaguapotable.com/El%20muestreo%20de%20los%20distintos%20tipos%20de%20agua.pdf>
- Rojas, L. V., Macías, N. A., & Fonseca., D. F. (18 de Febrero de 2010). *El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los*. Obtenido de El Índice de Calidad de Agua como herramienta para la gestión de los: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2639/1/Indice%20calidad%20agua%20como%20herramienta%20para%20gesti%C3%B3n%20de%20recursos%20h%C3%ADdricos.pdf>
- Romero, J. (2009). *Calidad del Agua* (Vol. 3). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. Recuperado el 15 de marzo de 2020
- Romero, J. (2009). *Calidad del Agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2010). *Agua Potable, Diversidad biológica y Desarrollo: Guía de prácticas recomendadas*. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de Agua Potable, Diversidad biológica y Desarrollo: Guía de prácticas recomendadas.: <https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>
- Sierra, C. A., Bertel, M. E., & Barrios, R. L. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Físicoquímicos Básicos en Aguas*. Cartagena- Colombia: Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/turbiedad-agua.html>

Soto, J. D. (2014). *Medición del caudal*. Recuperado el 17 de Abril de 2020, de Medición del caudal: http://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/3.Manual_Medici%C3%B3n_de_Caudal.pdf

Suárez, P. F. (2016). *CONSERVACIÓN DE UN OJO DE AGUA DE LA PARROQUIA EL CONDADO*. Obtenido de CONSERVACIÓN DE UN OJO DE AGUA DE LA PARROQUIA EL CONDADO: <file:///C:/Users/vladi/Downloads/TESIS%20OJO%20DE%20AGUA%2030-05-2016.%20PRODUCTO%20FINAL%20FINAL%20GRADO.pdf>

ANEXOS

ANEXO I. Plan de muestreo



PROYECTO DE TITULACION

PLAN DE MUESTREO

Lugar de muestreo	Huertayacu y Amagulo
Sector:	Nayón
Fecha del Muestreo:	19 de Enero del 2020
Responsable del muestreo	Santiago Calderón y Nataly Flores
Naturaleza de la muestras	Agua Cruda
Descripción del lugar de muestreo	Los ojos de agua se encuentran ubicados a 6 km del centro de Nayón, cuyo terreno es irregular y de difícil acceso.

PUNTOS DE MUESTREO	TIPO DE MUESTREO	CONSIDERACIONES	ESPECIFICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRAS	PARÁMETROS DE MEDICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES	VALORES		
							1	2	3
PUNTO 1 Huertayacu	Muestreo Simple, manual	➤ Se realiza un análisis <i>In situ</i> del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ La muestra se debe tomar cerca de la superficie y en el centro. ✚ Enjuagar los recipientes 2 0 3 veces con la misma muestra 	pH Conductividad Oxígeno Disuelto Temperatura Turbiedad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH-metro ➤ Conductímetro ➤ Turbidímetro ➤ Multiparámetros 	Guantes, Jarra Cooler, Piseta Toalla de papel Esfero, Hielo, Pilas, Botellas ámbar, Frascos de orina esterilizados			
PUNTO 2 Huertayacu	Muestreo Simple, manual	➤ Se realiza un análisis <i>In situ</i> del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ La muestra se debe tomar cerca de la superficie y en el centro. ✚ Enjuagar los recipientes 2 0 3 veces con la misma muestra 	pH Conductividad Oxígeno Disuelto Temperatura Turbiedad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH-metro ➤ Conductímetro ➤ Turbidímetro ➤ Multiparámetros 	Guantes, Jarra Cooler, Piseta Toalla de papel Esfero, Hielo, Pilas, Botellas ámbar, Frascos de orina esterilizados			
PUNTO 3 Amagulo	Muestreo Simple, manual	➤ Se realiza un análisis <i>In situ</i> del agua.	<ul style="list-style-type: none"> ✚ La muestra se debe tomar cerca de la superficie y en el centro. ✚ Enjuagar los recipientes 2 0 3 veces con la misma muestra 	pH Conductividad Oxígeno Disuelto Temperatura Turbiedad	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH-metro ➤ Conductímetro ➤ Turbidímetro ➤ Multiparámetros 	Guantes, Jarra Cooler, Piseta Toalla de papel Esfero, Hielo, Pilas, Botellas ámbar, Frascos de orina esterilizados			

Fuente: (Flores & Calderon, 2020)

ANEXO II. Normativa Actual Vigente en el Ecuador

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: LIBRO VI, ANEXO I, NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

TABLA 4: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad: (1)				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración: (4)				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros:				
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Boro:	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NO ₃ -)	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) Solo aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

TABLA 5: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA USO PECUARIO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	VALOR MAXIMO
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,2
Boro	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobalto	Co	mg/l	1,0
Cobre	Cu	mg/l	2
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,01
Nitratos	NO ₃	mg/l	50
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Sólidos disueltos totales	SDT	mg/l	3000

TABLA 7: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Parásitos Nemátodos intestinales			Ausencia
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	4000
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
Potencial Hidrógeno		pH	6-9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Relación Nitrógeno-Fósforo Total			15:1

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA ANEXO 1. NTE INEN 1108 (2011) SOBRE AGUA POTABLE

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	0,5
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual*	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Manganeso, Mn	mg/l	0,4
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃	mg/l	50
Nitritos, NO ₂	mg/l	0,2
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total \square *	Bq/l	0,1
Radiación total \square **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,01

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Requisitos microbiológicos

	Máximo
Coliformes fecales ⁽¹⁾ :	
- Tubos múltiples NMP/100 ml ó	< 1,1 *
- Filtración por membrana UFC/ 100 ml	< 1 **
<i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros	Ausencia

* < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ ó 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo

** < 1 significa que no se observan colonias

⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida

ANEXO III. Cálculos de los Análisis en el laboratorio LDIA

Calculo de la Dureza Total y Cálcica

Dureza total

Datos:

$$V_{EDTA} = 4,4 \text{ ml}$$

$$M_{EDTA} = 0,01 \text{ M}$$

$$V_{muestra} = 50 \text{ ml}$$

$$Dureza = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 100091}{V_{muestra}}$$

$$Dureza Total = \frac{4,4 \text{ ml} \times 0,01 \times 100091}{50 \text{ ml}}$$

$$Dureza Total = 88 \frac{\text{mgCaCO}_3}{\text{l}}$$

Dureza Cálcica

Datos:

$$V_{EDTA} = 1,7 \text{ ml}$$

$$M_{EDTA} = 0,01 \text{ M}$$

$$V_{muestra} = 50 \text{ ml}$$

$$Dureza = \frac{V_{EDTA} \times M_{EDTA} \times 100091}{V_{muestra}}$$

$$Dureza Total = \frac{1,7 \text{ ml} \times 0,01 \times 100091}{50 \text{ ml}}$$

$$Dureza Total = 34,03 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CaCO}_3$$

Determinación de Cloruros

Datos:

$$V_{AgNO_3} = 1,9 \text{ ml}$$

$$N_{AgNO_3} = 0,0086$$

$$V_{Muestra} = 25 \text{ ml}$$

$$Cloruros = \frac{V_{AgNO_3} \times N_{AgNO_3} \times 0.03545 \times 1000}{V_{Muestra}}$$

$$\text{Cloruros} = \frac{1,9\text{ml} \times 0,0096 \times 0.03545 \times 1000}{25 \text{ ml}}$$

$$\text{Cloruros} = 25,86 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CL}$$

Sólidos Totales

Donde:

P_1 = Masa del plato de evaporación + residuo tras evaporación a los 105°C.

P_0 = Tara del plato de evaporación.

P_2 = Masa del plato de evaporación + residuo tras combustión a 550°C.

V_{muestra} = Volumen de la muestra. L

$$ST = \frac{P_1 - P_0 \times 1000^2}{V_{\text{muestra}} \text{ ml}}$$

Datos:

P_1 = 35,9630 gr

P_0 = 35,9550 gr.

V_{muestra} = 40 ml

$$ST = \frac{35,9630 \text{ gr} - 35,9550 \text{ gr} \times 1000^2}{40 \text{ ml}}$$

$$ST = 200 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Sólidos Disueltos Totales (Bomba)

Datos:

P_1 = 35,9632 gr

P_0 = 35,9605 gr.

V_{muestra} = 40 ml

$$ST = \frac{P_1 - P_0 \times 1000^2}{V_{\text{muestra}} \text{ ml}}$$

$$ST = \frac{35,9632 \text{ gr} - 35,9605 \text{ gr} \times 1000^2}{40 \text{ ml}}$$

$$ST = 67,5 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Sólidos Volátiles

Datos:

$$P_1 = 35,9630 \text{ gr}$$

$$P_2 = 35,9434 \text{ gr.}$$

$$V_{muestra} = 40 \text{ ml}$$

$$SV = \frac{P_1 - P_2}{V_{muestra}}$$

$$SV = \frac{35,9630 \text{ gr} - 35,9434 \text{ gr} \times 1000^2}{40 \text{ ml}}$$

$$SS = 15 \frac{mg}{l}$$

Sólidos Suspendedos (Filtro)

Donde:

P_1 = Residuo en el filtro Whatman tras secado a 105°C.

P_0 = Tara del. filtro Whatman

P_2 = Residuo en el filtro Whatman tras combustión a 550°C.

$V_{muestra}$ = Volumen de la muestra. L

$$SS = \frac{P_1 - P_0}{V_{muestra}}$$

Datos:

$$P_1 = 26,3480 \text{ gr}$$

$$P_0 = 26,3434 \text{ gr.}$$

$$V_{muestra} = 40 \text{ ml}$$

$$SS = \frac{26,3480 \text{ gr} - 26,3434 \text{ gr} \times 1000^2}{40 \text{ ml}}$$

$$SS = 115 \frac{mg}{l}$$

Sólidos Suspendedos Volátiles (Filtro)

Datos:

$$P_1 = 35,9672 \text{ gr}$$

$$P_2 = 35,9405 \text{ gr.}$$

$$V_{muestra} = 40 \text{ ml}$$

$$SSV = \frac{P_1 - P_2}{V_{muestra}}$$

$$SSV = \frac{35,9672 \text{ gr} - 35,9405 \text{ gr} \times 1000^2}{40 \text{ ml}}$$

$$SS = 167 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Sólidos Fijos

$$SF = ST - SV$$

$$SF = 200 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 15 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$SF = 185 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Alcalinidad Total

Donde:

T = Volumen Total de H₂SO₄ gastado en la Titulación

N = Normalidad del H₂SO₄

$$\text{Alcalinidad Total} = \frac{T \times N \times 50000}{V_{muestra}}$$

Datos:

T = 3,9 ml

N = 0,02 N

V_{muestra} = 100 ml

$$\text{Alcalinidad Total} = \frac{3,9 \text{ ml} \times 0,02 \text{ N} \times 50000}{100 \text{ ml}}$$

$$\text{Alcalinidad Total} = 39 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CaCO}_3$$

Acidez

Donde:

A = Volumen del hidróxido de sodio gastado

N = Normalidad del NaOH

Datos:

A = 3,3 ml

$$N = 0,2 \text{ N}$$

$$V_{muestra} = 100 \text{ ml}$$

$$Acidez = \frac{A \times N \times 50000}{V_{muestra}}$$

$$Acidez = \frac{3,3 \text{ ml} \times 0,2 \text{ N} \times 50000}{100 \text{ ml}}$$

$$Acidez = 330 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{CaCO}_3$$

Coliformes totales

Huertayacu 1

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	0	3
1	1	2
0,1	1	2
0,01	1	2
0,001	1	2

$$C. \text{Totales} = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en tubos negativos}} \right) \times \left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en todos los tubos}} \right)}}$$

$$C. \text{Totales} = \frac{4 \times 100}{\sqrt{\left((3 \times 10) + (2 \times 1) + (2 \times 0,1) + (2 \times 0,01) + (2 \times 0,001) \right) \times \left((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001) \right)}}$$

$$C. \text{Totales} = 12,20 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Huertayacu 2

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	0	3
1	1	2
0,1	2	1
0,01	1	2
0,001	1	2

$$C. \text{Totales} = \frac{5 \times 100}{\sqrt{\frac{((3 \times 10) + (2 \times 1) + (1 \times 0,1) + (2 \times 0,01) + (2 \times 0,001)) \times ((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001))}{(3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)}}$$

$$C. \text{Totales} = 15,28 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Amagulo

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	1	2
1	0	3
0,1	1	2
0,01	0	3
0,001	0	3

$$C. \text{Totales} = \frac{2 \times 100}{\sqrt{\frac{((1 \times 10) + (0 \times 1) + (1 \times 0,1) + (0 \times 0,01) + (0 \times 0,001)) \times ((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001))}{(3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)}}$$

$$C. \text{Totales} = 10,90 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Coliformes Fecales

Huertayacu 1

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	2	1
1	3	0
0,1	0	3
0,01	1	2
0,001	0	3

$$C. \text{Fecales} = \frac{\text{Número de tubos positivos} \times 100}{\sqrt{\left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en tubos negativos}}\right) \times \left(\frac{\text{ml de la muestra}}{\text{en todos los tubos}}\right)}}$$

$$C. \text{Fecales} = \frac{6 \times 100}{\sqrt{\frac{((1 \times 10) + (0 \times 1) + (3 \times 0,1) + (2 \times 0,01) + (3 \times 0,001)) \times ((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001))}{(3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)}}$$

$$C. \text{Fecales} = 21,67 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Huertayacu 2

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	1	2
1	3	1
0,1	1	2
0,01	0	3
0,001	0	3

$$C. Fecales = \frac{5 \times 100}{\sqrt{\frac{((2 \times 10) + (1 \times 1) + (2 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)) \times ((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001))}{(3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)}}$$

$$C. Fecales = 18,79 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

Amagulo

Tamaño de la fracción, ml	Numero de tubos positivos	Numero de tubos negativos
10	2	1
1	3	0
0,1	0	3
0,01	0	3
0,001	0	3

$$C. Fecales = \frac{5 \times 100}{\sqrt{\frac{((1 \times 10) + (0 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)) \times ((3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001))}{(3 \times 10) + (3 \times 1) + (3 \times 0,1) + (3 \times 0,01) + (3 \times 0,001)}}$$

$$C. Fecales = 22,95 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$$

ANEXO IV. Cálculo del Caudal

Velocidad

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{10 \text{ m}}{0.58 \text{ s}}$$

$$\text{Velocidad} = 17,24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Area de la sección

$$\text{Area del rectangulo} = \text{Base} \times \text{altura (m}^2\text{)}$$

$$\text{Area del rectangulo} = 0.23 \text{ m} \times 0,34 \text{ m}$$

$$\text{Area del rectangulo} = 0,078\text{m}^2$$

$$\text{Área de la sección} = \text{Área faja 1} + \text{Área faja 2} + \text{Área faja 3}$$

$$\text{Área de la sección} = 0,078\text{m}^2 + 0,078\text{m}^2 + 0,078\text{m}^2$$

$$\text{Área de la sección} = 0.234\text{m}^2$$

Caudal

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Area de la seccion} \times \text{Velocidad} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$\text{Caudal (Q)} = 0,234 \text{ m}^2 \times 17,24 \text{ m/s}$$

$$\text{Caudal (Q)} = 4.034 \text{ m}^3/\text{s}$$

ANEXO V. Tablas de la calidad del agua de riego

Tabla 9.14
Calidad del agua para irrigación⁽⁷¹⁾

Constituyente	Clasificación				
	Clase 1 Excelente	Clase 2 Buena	Clase 3 Permisible	Clase 4 Dudosa	Clase 5 Inadecuada
Sólidos disueltos totales, mg/L	< 175	175 - 525	525 - 1.400	1.400 - 2.100	> 2.100
Cloruros, mg/L	< 150	150 - 250	250 - 430	430 - 710	> 710
Boro, mg/L	< 0,5	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	2 - 2,5	> 2,5
% Na	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80
Conductancia $\mu\text{mho/cm}$	< 250	250 - 750	750 - 2.000	2.000 - 3.000	> 3.000
Sulfatos	< 190	190 - 340	340 - 580	580 - 960	> 960

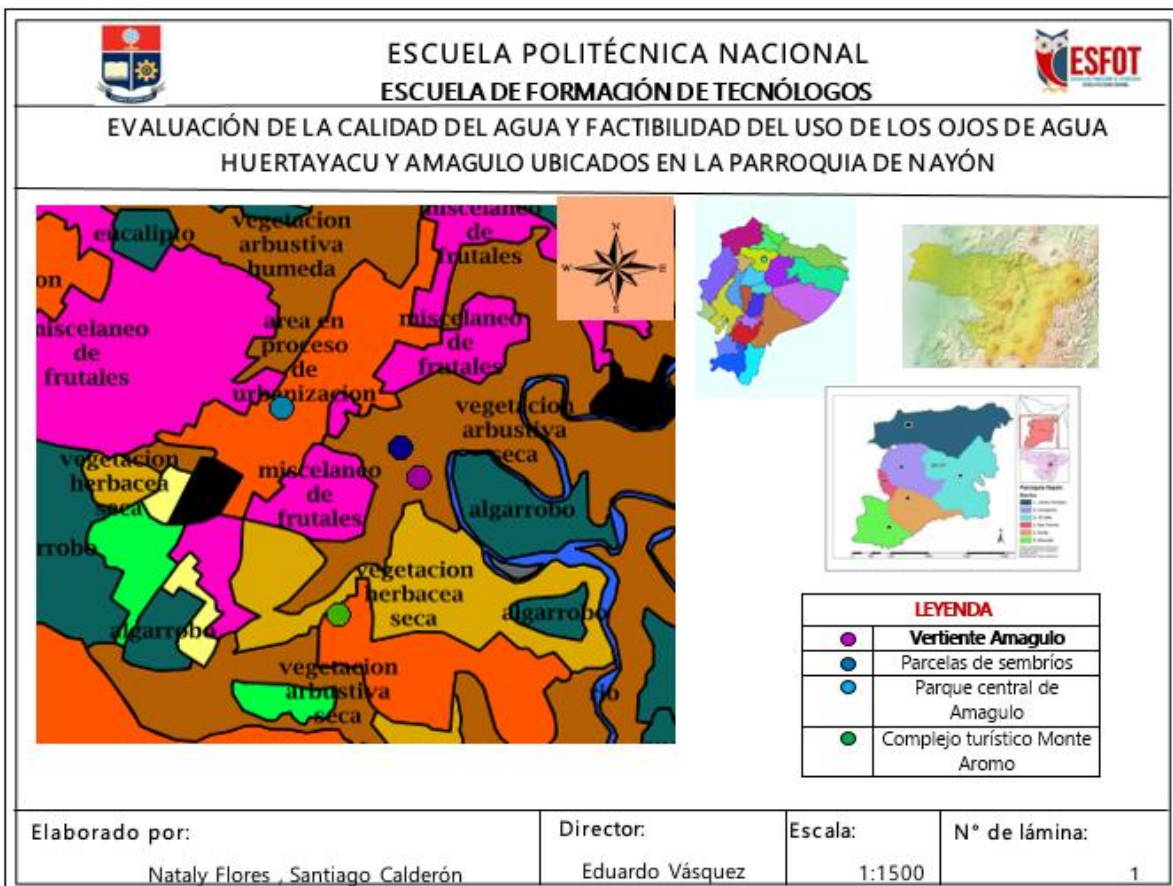
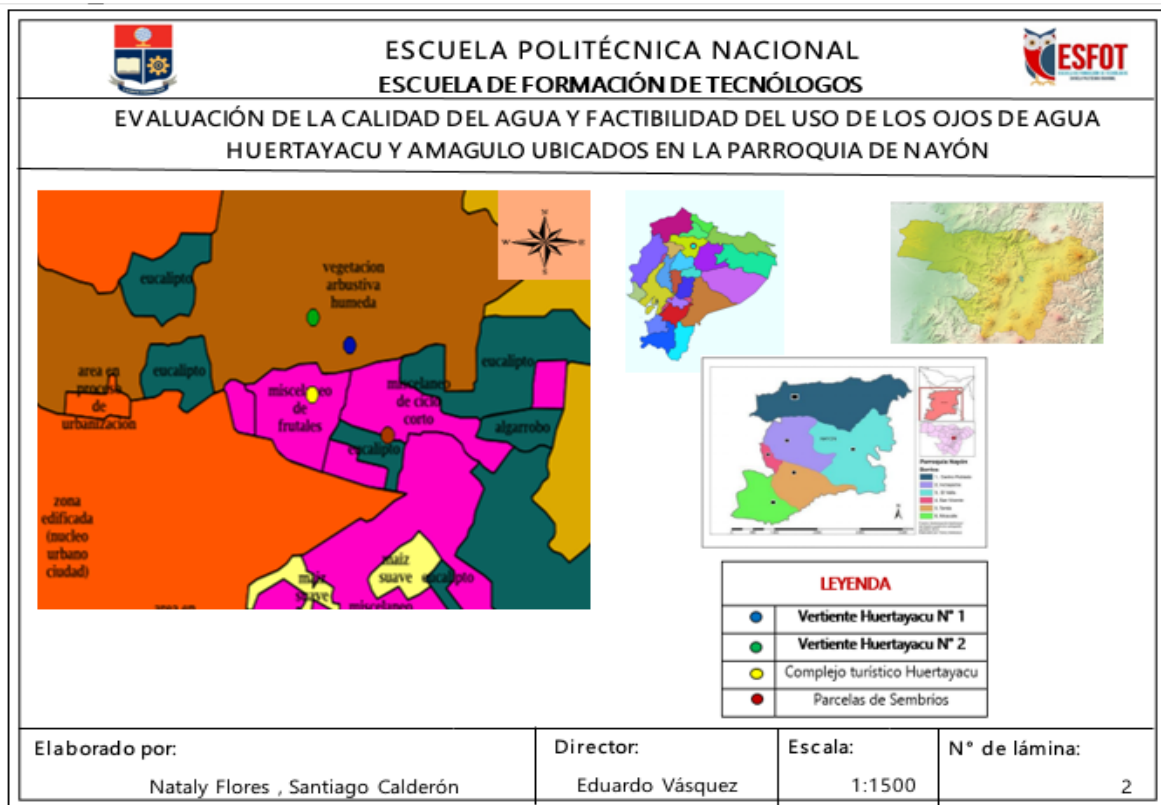
Tabla 9.15
Guías para valorar la calidad del agua para riego⁽⁷²⁾

Característica	Riesgo			
	Ninguno	Ligero a moderado	Severo	Cultivos afectados
SDT, mg/L	< 450	450 - 2.000	> 2.000	SDT altos afectan cultivos en áreas áridas.
Combinación de SDT y RAS afecta la permeabilidad del suelo				
RAS = 0 - 3 y SDT	> 450	130 - 450	< 130	
RAS = 3 - 6 y SDT	> 770	200 - 770	< 200	
RAS = 6 - 12 y SDT	> 1.200	320 - 1.200	< 320	Todos los cultivos.
RAS = 12 - 20 y SDT	> 1.860	800 - 1.860	< 800	
RAS = 20 - 40 y SDT	> 3.200	1.860 - 3.200	< 1.860	
Sodio, mg/L	< 70	> 70		Árboles y ornamentales.
Cloruros, mg/L	< 140	140 - 350	> 350	
Boro, mg/L	< 0,7	0,7 - 3	> 3	Frutales y hortalizas.
Cloro residual, mg/L	< 1,0	1 - 5	> 5	Ornamentales, cuando se usan aspersores altos.

Tabla 9.16
Criterios de calidad para uso agrícola

Parámetro	Concentración máxima, mg/L ^(72, 83, 84)	Concentración máxima, mg/L ⁽⁸⁴⁾	Observaciones ⁽⁸⁵⁾
Aluminio - Al	5,0	5,0	En suelos ácidos puede eliminar la productividad. En suelos con pH entre 5,5 y 8,0 el ion se precipitará y eliminará la toxicidad.
Arsénico - As	0,1	0,1	La toxicidad depende de la planta.
Berilio - Be	0,1	0,1	La toxicidad depende de la planta.
Boro - B	0,75	0,3 - 4,0	Esencial para el crecimiento de la planta. La tolerancia varía según la planta.
Cadmio - Cd	0,01	0,01	Tóxico para algunas plantas. Se recomienda un límite conservador.
Cinc - Zn	2,0	2,0	La toxicidad depende de la planta. A pH alto se reduce la toxicidad.
Cloro libre residual	< 1	-	Algunos cultivos sensibles pueden recibir efectos perjudiciales.
Cobalto - Co	0,05	0,05	Tóxico para el tomate.
Cobre - Cu	0,2	0,2	Tóxico para varias plantas.
Cromo - Cr	0,1	0,1	Toxicidad aún no conocida. Se recomienda un límite conservador.
Fluoruro - F	1,0	1,0	Desactivado por suelos neutros y alcalinos.
Hierro - Fe	5,0	5,0	No tóxico en suelos aireados, pero puede contribuir a la acidificación del suelo y a la pérdida del fósforo y del molibdeno.
Litio - Li	2,5	2,5	Tóxico para algunas plantas.
Manganeso - Mn	0,2	0,2	Tóxico para algunas plantas.
Molibdeno - Mo	0,01	0,01	Tóxico para el ganado en forraje cultivado en suelos con contenido alto de molibdeno.

ANEXO VI. Uso y cobertura del suelo de las vertientes.

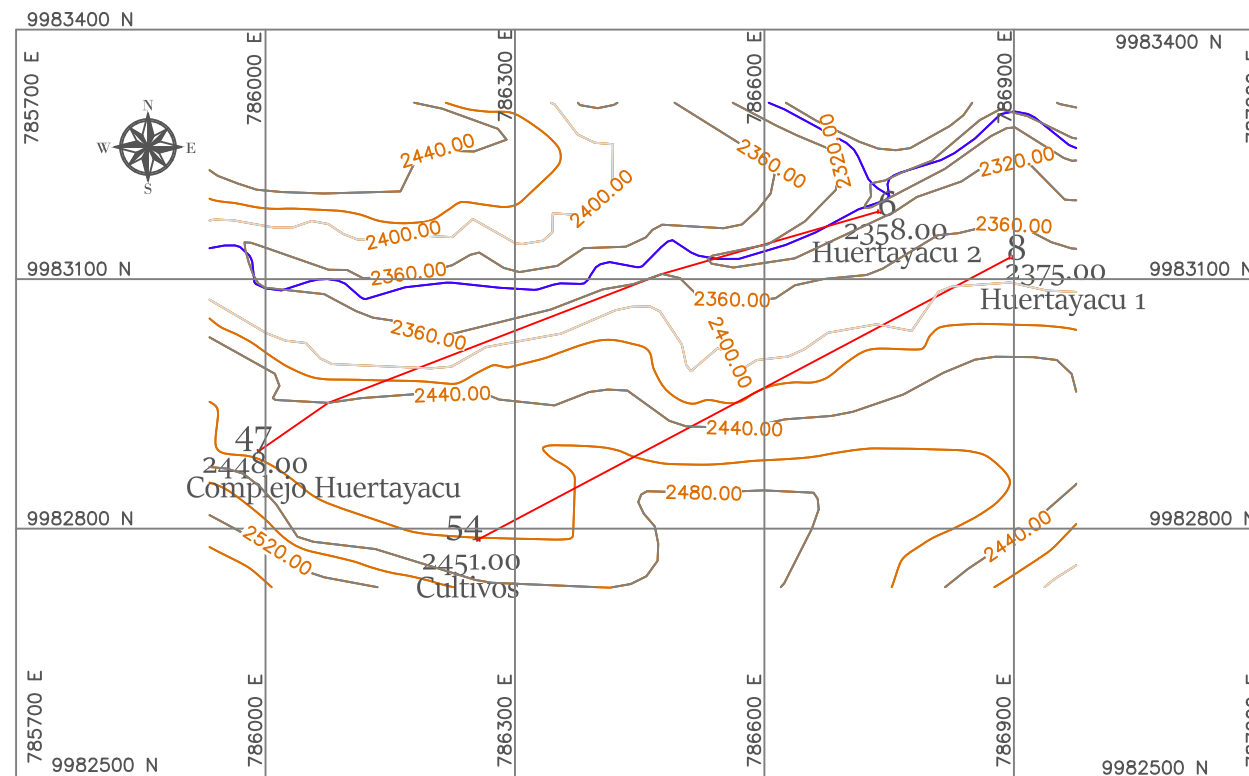


**ANEXO VII. Planos de la factibilidad de uso de las
vertientes**








EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y FACTIBILIDAD DE USO DE LOS OJOS DE AGUA HUERTAYACU Y AMAGULO UBICADOS EN LA PARROQUIA DE NAYÓN

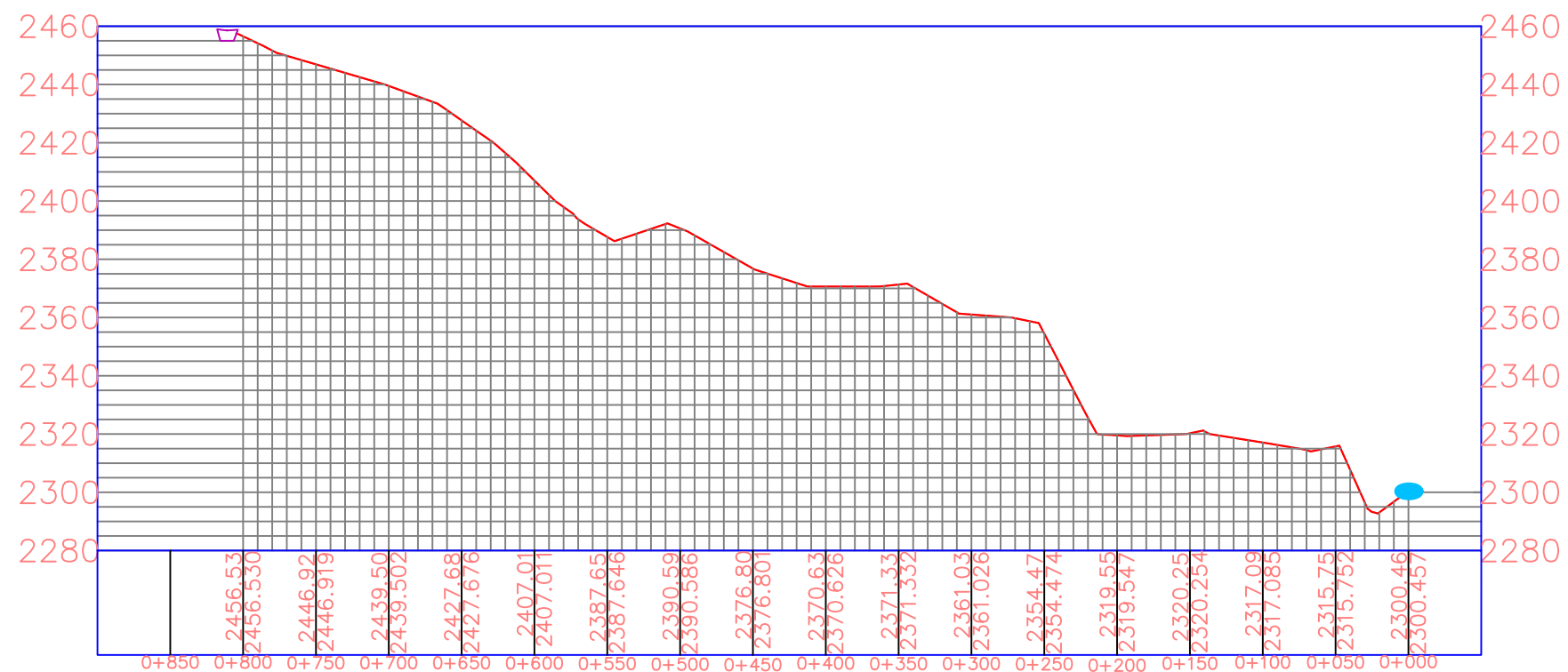
VISTA EN PLANTA



LEYENDA

-  Punto de distribución Casa aldañas
-  Vertiente Huertayacu N°2
-  Curvas de nivel
-  Rio
-  Vías

2H-P47 PROFILE



Director: Ing. Eduardo Vásquez

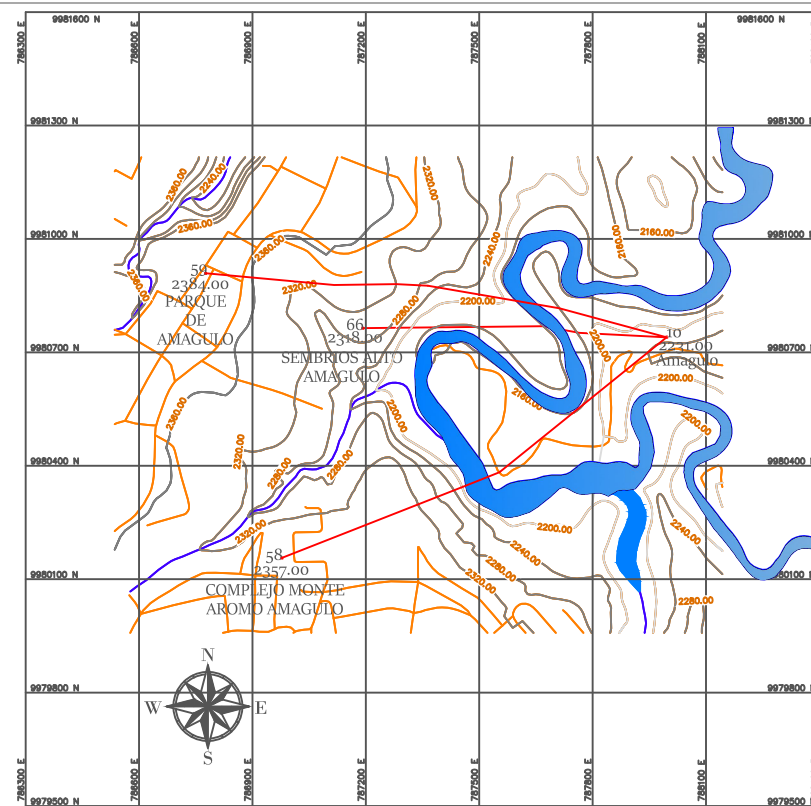
Elaboración: Nataly Flores y Santiago Calderón

ESCALA: 1:1000

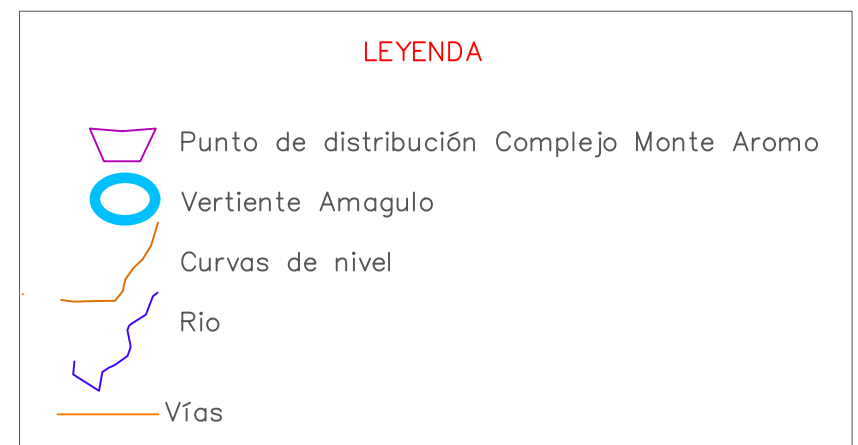
N° Lamina: 2



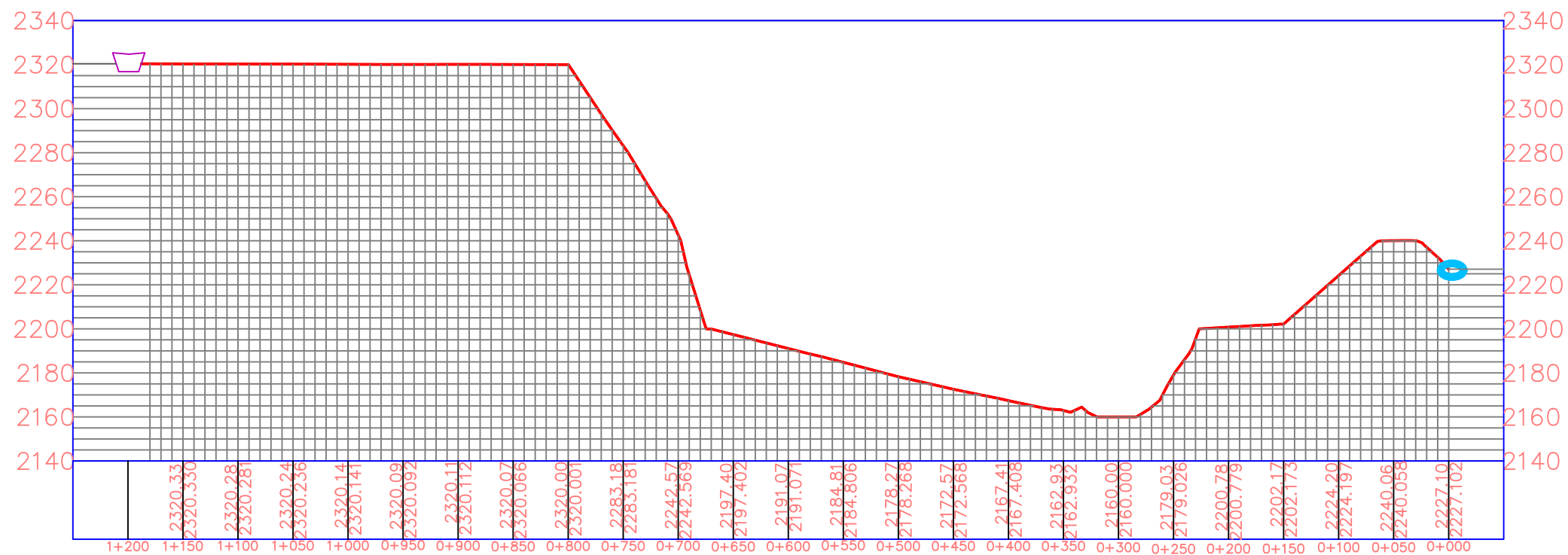
VISTA EN PLANTA



LEYENDA



1A-P58 PROFILE



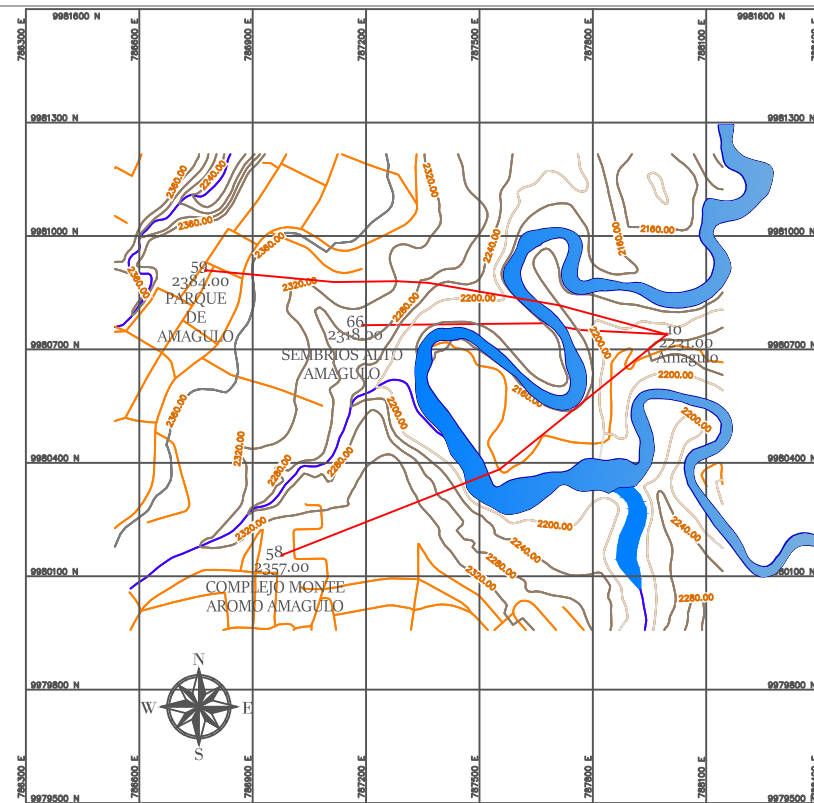
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION








EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y FACTIBILIDAD DE USO DE LOS OJOS DE AGUA HUERTAYACU Y AMAGULO UBICADOS EN LA PARROQUIA DE NAYÓN

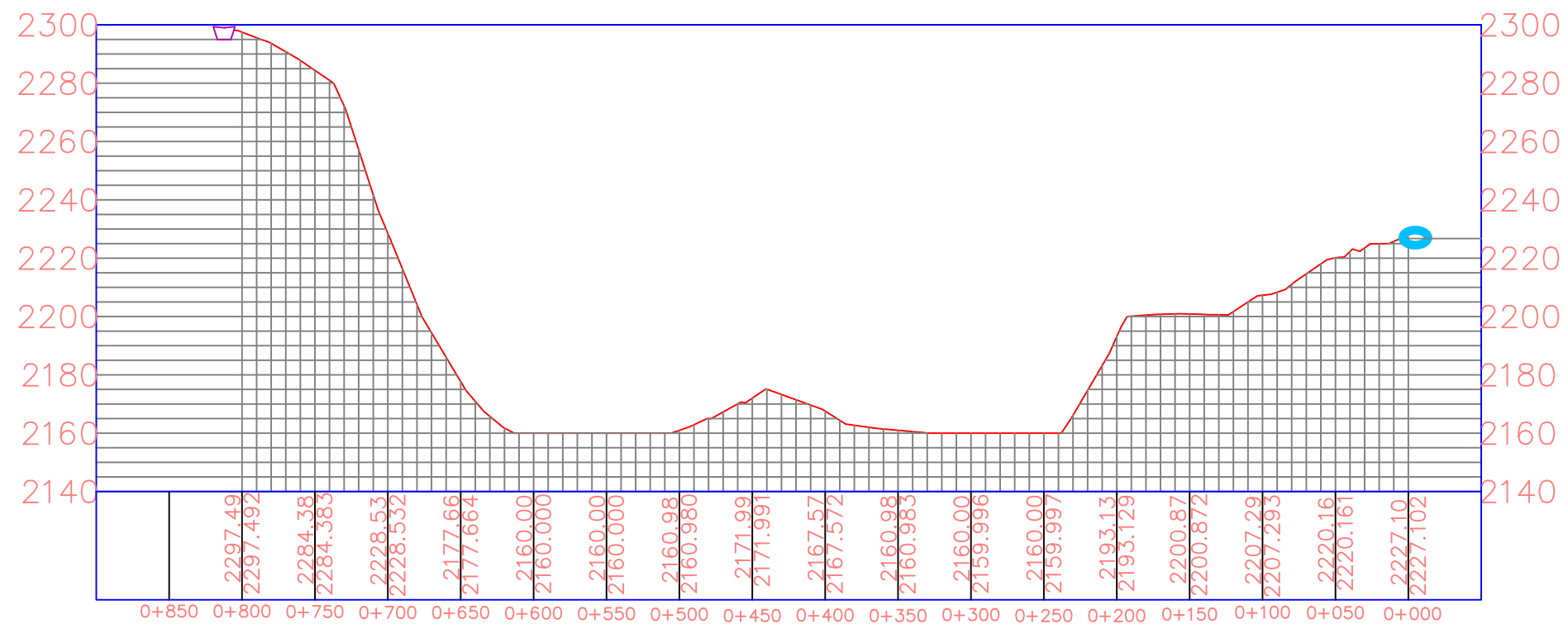
VISTA EN PLANTA



LEYENDA

-  Punto de distribución parcelas de cultivos
-  Vertiente Amagulo
-  Curvas de nivel
-  Rio
-  Vías

1A-P66 PROFILE



Director: Ing. Eduardo Vásquez

Elaboración: Nataly Flores y Santiago Calderón

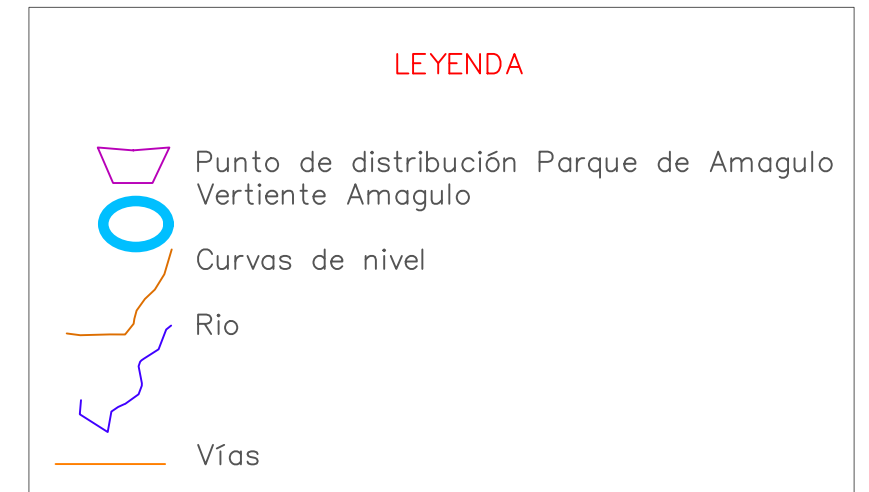
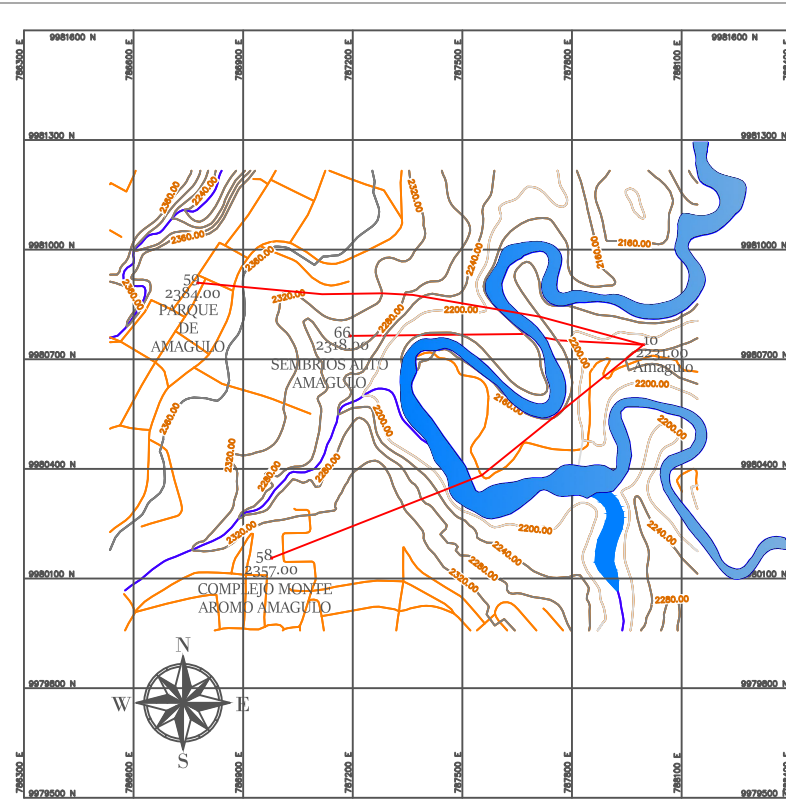
ESCALA: 1:1000

N° Lamina: 4

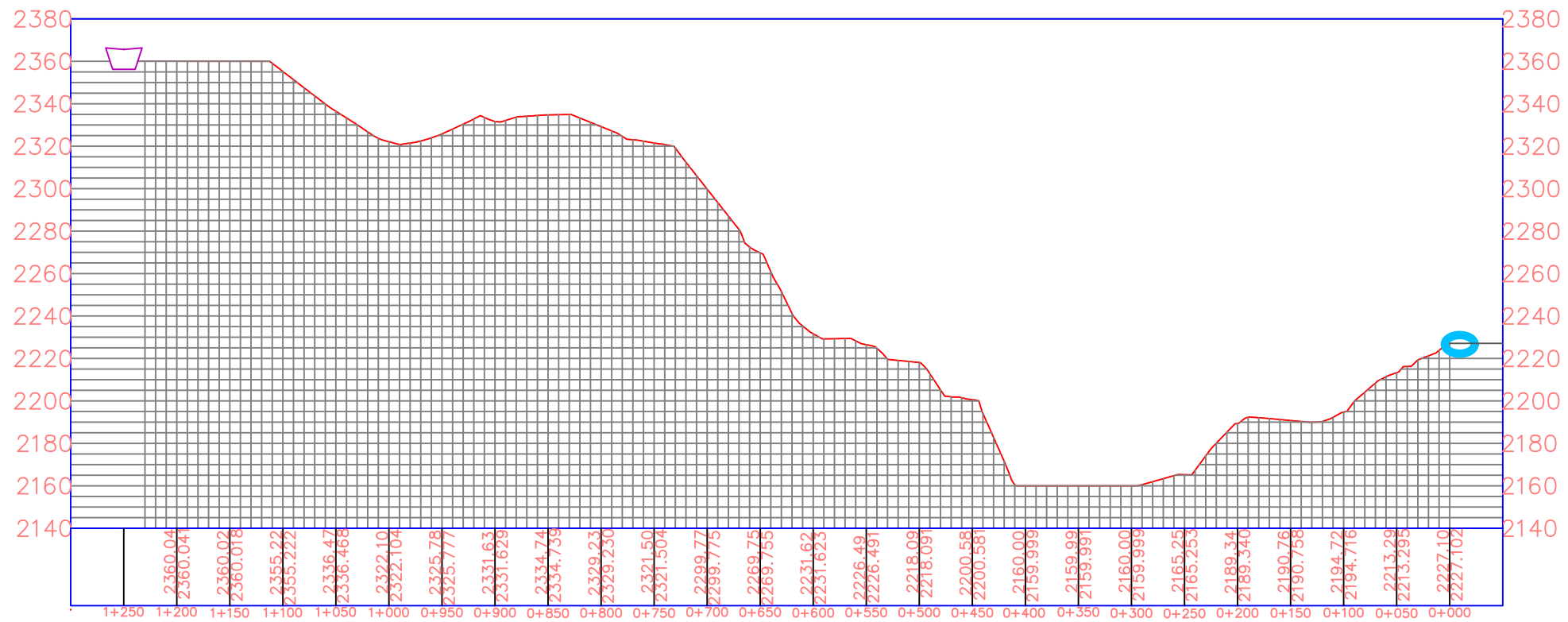


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y FACTIBILIDAD DE USO DE LOS OJOS DE AGUA HUERTAYACU Y AMAGULO UBICADOS EN LA PARROQUIA DE NAYÓN

VISTA EN PLANTA



1A-P59 PROFILE



Director: Ing. Eduardo Vásquez

Elaboración: Nataly Flores y Santiago Calderón

ESCALA: 1:1000

N° Lamina: 5