



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA BACTERIANA AISLADA
DE AGUAS DESTINADAS AL ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE
LA PARROQUIA PUNÍN**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR:

MARCO ALEJANDRO PÉREZ VACA

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA BACTERIANA AISLADA
DE AGUAS DESTINADAS AL ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE
LA PARROQUIA PUNÍN**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

AUTOR: MARCO ALEJANDRO PÉREZ VACA

DIRECTORA: BQF. MÓNICA JIMENA CONCHA GUALLA MSc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Marco Alejandro Pérez Vaca

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Marco Alejandro Pérez Vaca, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de mayo del 2024



.....
Marco Alejandro Pérez Vaca
0604701169

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA BACTERIANA AISLADA DE AGUAS DESTINADAS AL ABASTECIMIENTO PÚBLICO DE LA PARROQUIA PUNÍN**, realizado por el señor: **MARCO ALEJANDRO PÉREZ VACA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Elizabeth del Rocío Escudero Vilema
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



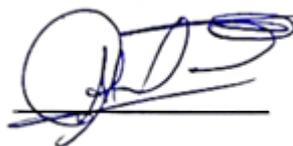
2024-05-07

BQF. Mónica Jimena Concha Guaila. MSc.
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-07

Dra. Adriana Monserrath Monge Moreno MSc.
**ASESORA DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2024-05-07

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas las personas que me han acompañado y me han apoyado durante toda mi formación profesional. A Dios por darme la fuerza y el valor necesarios para lograr cada meta y que con su amor siempre me ha bendecido. A mis padres ya que gracias a su amor, apoyo y enseñanzas he podido cumplir cada objetivo en mi vida. A mi papá, Marco, cuyo amor, guía y presencia he sentido siempre a pesar de la distancia. A mi mamá, Raquel quien me educó y formó para ser la persona que soy ahora. A mis abuelos Cecilia y Antonio que siempre me han apoyado incondicionalmente. A mi pareja, Amy, con la cual nos hemos fortalecido y guiado siempre en búsqueda de ser mejores. A mis mascotas que han sido un apoyo emocional fundamental en mi vida.

Marco

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que han sido parte de mi viaje profesional. A aquellos que me han acompañado y brindado su apoyo incondicional en cada paso del camino, mi gratitud es infinita. Agradezco a Dios por su constante amor y por otorgarme la fortaleza y el valor necesarios para alcanzar mis metas. A mis padres, cuyo amor, apoyo y sabias enseñanzas han sido la base de mis logros. A mi padre, Marco, cuya guía y amor han sido mi luz incluso a través de la distancia. A mi madre, Raquel, por su dedicación y por haberme moldeado en la persona que soy hoy. A mis abuelos, Cecilia y Antonio, por su inquebrantable apoyo y cariño. A mi pareja, Amy, con quien he compartido el camino y hemos crecido juntos en la búsqueda de la excelencia. Y no puedo olvidar a mis fieles mascotas, quienes han sido una fuente constante de consuelo y alegría en momentos difíciles. A la tenencia política de Punín por el recibimiento y la ayuda que me brindaron para realizar la investigación. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a sus docentes por brindarme la educación y conocimientos necesarios para ser un profesional a servicio de la sociedad. Mi más sincero agradecimiento a todos por formar parte de este viaje lleno de aprendizaje y crecimiento.

Marco

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	4
1.3. Problema general de investigación.....	5
1.4. Problemas específicos de investigación.....	5
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.6. Justificación.....	6
1.6.1. <i>Justificación teórica</i>	6
1.6.2. <i>Justificación metodológica</i>	7
1.6.3. <i>Justificación práctica</i>	8

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.2. Referencias Teóricas.....	11
2.2.1. <i>Agua de consumo</i>	11
2.2.2. <i>Calidad del agua</i>	12
2.2.3. <i>Agua en la naturaleza</i>	12
2.2.4. <i>Agua mineral natural</i>	12
2.2.5. <i>Agua mesosapróbica</i>	12
2.2.6. <i>Agua natural</i>	12

2.2.7.	<i>Agua subterránea</i>	13
2.2.8.	<i>Agua salina</i>	13
2.2.9.	<i>Agua pluvial ácida</i>	13
2.2.10.	<i>Contaminación</i>	13
2.2.11.	<i>Saneamiento</i>	13
2.2.12.	Parámetros de calidad del agua	13
2.2.12.1.	<i>Análisis físico-químico del Agua</i>	14
2.2.12.3.	<i>Análisis microbiológico de otro tipo de bacterias presentes en el agua</i>	15
2.2.13.	<i>Microorganismo</i>	15
2.2.13.1.	<i>Bacteria</i>	15
2.2.14.	<i>Antibiótico/antibacteriano</i>	19
2.2.14.1.	<i>Clasificación de antimicrobianos</i>	19
2.2.15.	<i>Pruebas de sensibilidad antimicrobiana</i>	20
2.2.16.	<i>Coliformes totales</i>	21
2.2.17.	<i>Coliformes fecales</i>	21
2.2.18.	<i>Pruebas bioquímicas de identificación bacteriana</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Enfoque de investigación	24
3.2.	Nivel de investigación	24
3.3.	Diseño de investigación	24
3.3.1.	<i>Según la manipulación o no de la variable independiente</i>	24
3.3.2.	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i>	25
3.4.	Tipo de estudio	25
3.5.	Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	25
3.5.1.	<i>Criterios de inclusión</i>	26
3.5.2.	<i>Criterios de exclusión</i>	26
3.6.	Métodos, técnicas e instrumentos de investigación	26
3.6.1.	<i>Análisis físico-químico</i>	26
3.6.1.1.	<i>Muestreo para análisis físico-químico según lo la norma NTE INEN 2169:2013</i>	26
3.6.1.2.	<i>Almacenamiento y conservación de las muestras según NTE INEN 2169:2013</i>	26
3.6.1.3.	<i>Análisis de pH</i>	27
3.6.1.4.	<i>Análisis de olor</i>	27
3.6.1.5.	<i>Análisis de temperatura</i>	28
3.6.1.6.	<i>Análisis de color</i>	28

3.6.1.7.	<i>Análisis de turbiedad</i>	29
3.6.1.8.	<i>Análisis de conductividad</i>	29
3.6.1.9.	<i>Análisis de nitratos</i>	30
3.6.1.10.	<i>Análisis de nitritos</i>	30
3.6.1.11.	<i>Análisis de solidos totales</i>	31
3.6.1.12.	<i>Análisis de cloro residual</i>	31
3.6.1.13.	<i>Análisis de plomo</i>	32
3.6.2.	<i>Análisis microbiológico</i>	32
3.6.2.1.	<i>Muestreo de agua según lo establecido en la norma NTE INEN 1105:2012</i>	32
3.6.2.2.	<i>Preparación de los frascos de muestreo</i>	33
3.6.2.3.	<i>Procedimiento para el muestreo</i>	33
3.6.2.4.	<i>Para una red de distribución:</i>	33
3.6.2.5.	<i>Muestreo en ríos, arroyos, lagos, reservorios, manantiales o pozos poco profundos:</i>	33
3.6.2.6.	<i>Preservación y almacenamiento de las muestras</i>	34
3.6.3.	Trasporte de las muestras al laboratorio de microbiología de la ESPOCH	34
3.6.3.1.	<i>Análisis de coliformes fecales por número más probable (NMP)</i>	34
3.6.3.2.	<i>Prueba presuntiva</i>	34
3.6.3.3.	<i>Prueba confirmatoria</i>	35
3.6.4.	<i>Siembra y aislamiento de bacterias patógenas presentes en muestras de agua.</i>	35
3.6.5.	<i>Pruebas de identificación bioquímicas</i>	37
3.6.6.	<i>Pruebas de identificación para bacterias Gram negativas</i>	38
3.6.6.1.	<i>Prueba de citrato</i>	38
3.6.6.2.	<i>Prueba de la ureasa</i>	38
3.6.6.3.	<i>Prueba de sulfuro indol movilidad (SIM)</i>	38
3.6.6.4.	<i>Prueba de triple azúcar hierro (TSI)</i>	39
3.6.6.5.	<i>Prueba de agar lisina/hierro (LIA)</i>	39
3.6.7.	<i>Pruebas de identificación para bacterias Gram negativas</i>	39
3.6.7.1.	<i>Crecimiento en agar nanitol</i>	39
3.6.7.2.	<i>Prueba de la catalasa</i>	40
3.6.7.3.	<i>Prueba de la coagulasa</i>	40
3.6.7.4.	<i>Prueba de sensibilidad a novobiocina</i>	40
3.6.8.	<i>Pruebas de susceptibilidad mediante el método Kirby Bauer</i>	40
3.6.9.	<i>Determinación de enzimas BLEE por método de Jarlier</i>	41

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
----	---	----

4.1.	Muestreo de las vertientes y suministro de agua en la parroquia Punín.....	43
4.2.	Análisis físico-químico y microbiológico del agua de las vertientes y suministro.	43
4.2.1.	<i>Análisis físico-químico.</i>	43
4.2.2.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en color.</i>	45
4.2.3.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en turbiedad.</i>	47
4.2.4.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en OLOR</i>	48
4.2.5.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en Temperatura</i>	51
4.2.6.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en pH.</i>	53
4.2.7.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en conductividad.</i>	55
4.2.8.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en sólidos totales</i>	57
4.2.9.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en cloro residual.</i>	59
4.2.10.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en nitratos</i>	61
4.2.11.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en nitritos</i>	63
4.2.12.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en análisis de plomo.</i>	65
4.3.	Análisis microbiológico	66
4.3.1.	<i>Análisis y discusión de resultados obtenidos en Coliformes fecales.</i>	67
4.4.	Aislamiento de otras bacterias patógenas presentes en el agua de vertientes	68
4.4.1.	<i>Análisis y discusión de resultados en el aislamiento de los microorganismos</i>	69
4.5.	Identificación de resistencia bacteriana de bacterias aisladas por Kirby Bauer .	71
4.5.1.	Análisis y discusión resultados obtenidos en Interpretación del antibiograma ...	72
4.5.2.	Análisis y discusión resultados obtenidos en la interpretación del antibiograma	76
4.6.	Socialización a los habitantes y tenencia política de Punín.....	77
	CONCLUSIONES	80
	RESOMENDACIONES.	82
	ANEXOS	
	BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Parámetros establecidos para el análisis físico-químico.....	14
Tabla 2-2:	Parámetros establecidos para el análisis microbiológico.....	14
Tabla 3-1:	Equipos, reactivos y materiales para el muestreo para análisis físico-químico.....	26
Tabla 3-2:	Equipos, reactivos y materiales para el almacenamiento de las muestras	27
Tabla 3-3:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para la medición de pH.....	27
Tabla 3-4:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis del olor.....	28
Tabla 3-5:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de temperatura	28
Tabla 3-6:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis del color	28
Tabla 3-7:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de turbiedad	29
Tabla 3-8:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de conductividad.....	29
Tabla 3-9:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de nitratos	30
Tabla 3-10:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de nitritos	30
Tabla 3-11:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de sólidos totales.....	31
Tabla 3-12:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de cloro residual	31
Tabla 3-13:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de plomo	32
Tabla 3-14:	Equipos, reactivos y materiales para el muestreo para análisis microbiológico....	32
Tabla 3-15:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis microbiológico.....	34
Tabla 3-16:	Equipos, reactivos y materiales utilizados para cultivo de los microorganismos .	36
Tabla 3-17:	Equipos, reactivos y materiales para el aislamiento de los microorganismos	36
Tabla 3-18:	Equipos, reactivos y materiales para las pruebas bioquímicas de identificación ..	37
Tabla 3-19:	Equipos, reactivos y materiales para pruebas de susceptibilidad por Kirby Bauer	40
Tabla 3-20:	Equipos, reactivos y materiales para determinar BLEE por método de Jarlier	41
Tabla 4-1:	Análisis físico-químico: COLOR	44
Tabla 4-2:	Análisis físico-químico: COLOR según la normativa NTE INEN 1108	45
Tabla 4-3:	Análisis físico-químico: TURBIEDAD.....	46
Tabla 4-4:	Análisis físico-químico: TURBIEDAD, según la NTE INEN 1108	47
Tabla 4-5:	Análisis físico-químico: Olor	47
Tabla 4-6:	Análisis físico-químico: Temperatura	50
Tabla 4-7:	Análisis físico-químico: pH.....	52
Tabla 4-8:	Análisis físico-químico: pH, según la normativa NTE INEN 1108	53
Tabla 4-9:	Análisis físico-químico: CONDUCTIVIDAD	54
Tabla 4-10:	Análisis físico-químico: CONDUCTIVIDAD, según NTE INEN 1108.....	55
Tabla 4-11:	Análisis físico-químico: SÓLIDOS TOTALES	56
Tabla 4-12:	Análisis físico-químico: SÓLIDOS TOTALES, según NTE INEN 1108.....	57

Tabla 4-13: Análisis físico-químico: CLORO RESIDUAL	58
Tabla 4-14: Análisis físico-químico: CLORO RESIDUAL, según NTE INEN 1108.....	59
Tabla 4-15: Análisis físico-químico: NITRATOS	60
Tabla 4-16: Análisis físico-químico: NITRATOS, según NTE INEN 1108	61
Tabla 4-17: Análisis físico-químico: NITRITOS	62
Tabla 4-18: Análisis físico-químico: NITRITO según NTE INEN 1108	63
Tabla 4-19: Análisis físico-químico: PLOMO.....	64
Tabla 4-20: Análisis físico-químico: PLOMO, según NTE INEN 1108	65
Tabla 4-21: Análisis microbiológico: COLIFORMES FECALES	66
Tabla 4-22: Análisis microbiológico: COLIFORMES FECALES, según NTE INEN 1108 ...	67
Tabla 4-23: Análisis microbiológico: Aislamiento de los microorganismos	68
Tabla 4-24: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD enzimas BLEE por método de Jarlier	71
Tabla 4-25: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD del grupo coliforme, bacterias aisladas.....	71
Tabla 4-26: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD de bacterias gram positivas.....	74
Tabla 4-27: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD bacterias gram negativas y su sensibilidad	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 4-1:** Imagen satelital con la localización aproximada de puntos de muestreo..... 43
- Ilustración 4-2:** Pagina inicial del informe entregado a la tenencia política en Punín 78
- Ilustración 4-3:** Tríptico para la socialización a los habitantes de la parroquia Punín.....79

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 1108:2020 AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS

ANEXO B: NTE INEN 1105:1983 AGUAS. MUESTREO EXÁMEN MICROBIOLÓGICO

ANEXO C: NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO.MANEJO

ANEXO D: TABLA PARA LECTURA DE NMP STANDARD METHODS 9221

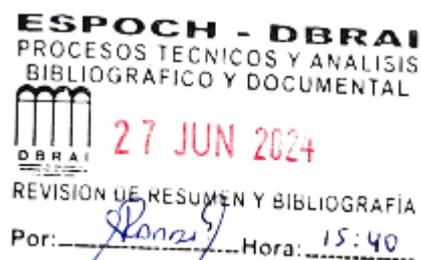
ANEXO E: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

RESUMEN

El estudio realizado para la evaluación de la resistencia bacteriana asilada en aguas destinadas al abastecimiento público de la parroquia Punín se enfocó en realizar análisis químicos, físicos y microbiológicos en diversos puntos de distribución de agua de la zona, evaluando parámetros como: Color, turbiedad, olor, temperatura, pH, conductividad, sólidos totales, cloro residual, nitratos, nitritos, plomo y coliformes fecales según lo establecido en la normativa NTE INEN 1 108:2020, utilizando métodos espectrofotométricos y microbiológicos. Además, se realizó el aislamiento de otras bacterias presentes en cada uno de los puntos analizados, seguido del estudio de resistencia bacteriana para cada uno de los microorganismos aislados. Dentro de los análisis se observó incumplimientos de parámetros como: Color con un promedio de 12.52 (Pt-Co), plomo con un promedio de 0.07 mg/L y coliformes fecales con un promedio de 9.85 NMP/100 ml. En el aislamiento de otro tipo de bacterias se identificaron microorganismos como: *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*, con una mayor prevalencia de *Staphylococcus epidermidis*, estando presente en todos los puntos estudiados. En conclusión, el estudio de antibiograma realizado según las directrices del Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI) reveló la presencia de enzimas BLEE en las bacterias *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* y *Klebsiella pneumoniae*. Además, se identificó resistencia en *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* a fármacos del grupo de las penicilinas, como la oxacilina y la penicilina, siendo más pronunciada la resistencia a la oxacilina, mientras que *Staphylococcus aureus* mostró resistencia a la azitromicina.

Palabras clave: <ANÁLISIS QUÍMICOS>, <ANÁLISIS FÍSICOS>, <EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA>, <RESISTENCIA MICROBIANA>, <COLIFORMES FECALES>

0860-DBRA-UPT-2024



SUMMARY / ABSTRACT

The study conducted for the evaluation of bacterial resistance isolated in waters intended for public supply in Punín town focused on performing chemical, physical, and microbiological analyses at various water distribution points in the area. The parameters evaluated included color, turbidity, odor, temperature, pH, conductivity, total solids, residual chlorine, nitrates, nitrites, lead, and fecal coliforms according to the NTE INEN 1 108:2020 standard, using spectrophotometric and microbiological methods. Additionally, other bacteria present at each analyzed point were isolated, followed by the study of bacterial resistance for each isolated microorganism. The analyses revealed non-compliance with parameters such as color, averaging 12.52 (Pt-Co), lead, averaging 0.07 mg/L, and fecal coliforms, averaging 9.85 MPN/100 ml. Among the isolated bacteria, microorganisms such as *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, and *Staphylococcus epidermidis* were identified, with *Staphylococcus epidermidis* being the most prevalent, present at all studied points. In conclusion, the antibiogram study conducted according to the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) guidelines revealed the presence of extended-spectrum beta-lactamase (ESBL) enzymes in *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, and *Klebsiella pneumoniae*. Furthermore, resistance in *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* to penicillinase group drugs, such as oxacillin and penicillin, was identified, with more pronounced resistance to oxacillin. *Staphylococcus aureus* also showed resistance to azithromycin.

Keywords: <CHEMICAL ANALYSIS > <PHYSICAL ANALYSIS > <MICROBIOLOGICAL EVALUATION > <MICROBIAL RESISTANCE > <FECAL COLIFORMS >



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez

0603877713

INTRODUCCIÓN

El agua es considerada como un recurso valioso para que se pueda dar el desarrollo de la vida, debido a que es el medio para que los organismos vivos subsistan, a través de procesos necesarios para cumplir sus funciones vitales. Para evaluar el grado de seguridad del agua, se debe analizar si cumple con diferentes parámetros para determinar si alcanza los estándares de calidad, al estar libre de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Por esto, se ha visto la necesidad de analizar la problemática de la población de la parroquia Punín por el consumo de agua en las distintas zonas de dicho lugar.

La UNICEF menciona que, en Ecuador aproximadamente 1 de cada 2 niños no recibe agua de calidad en sus viviendas, lo que ha causado un estado crítico a nivel de la población infantil, mientras que, en las áreas con población indígena 8 de cada 10 niños no poseen una distribución de agua que cumpla con las normas de calidad, lo que ha causado problemáticas graves que han repercutido en la salud de la población infantil, como por ejemplo, la desnutrición crónica (2da causa de mortalidad en niños menores a 5 años) (UNICEF 2024, p.1).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en el año 2019 se realizó un análisis de la calidad de agua en el país, determinando que, aproximadamente el 27% estaba contaminada por bacterias, principalmente coliformes (siendo prevalente en áreas rurales), es decir 27 de cada 100 individuos reciben agua que está contaminada, provocando diversos tipos de infecciones, destacando los problemas intestinales que producen vómitos, diarrea, fiebre, dolores estomacales, etc., (INEC 2019, p.1).

Por otra parte, el análisis de la resistencia bacterias en las muestras de agua, busca concientizar y promover acciones para reducir el uso irracional de medicamentos. La resistencia bacteriana es entendida como un grave problema de salud, que se debe frenar desde primeras instancias con la finalidad de reducir otras problemáticas que surjan a futuro, por este motivo, los análisis de resistencia bacteriana buscan identificar aquellos tratamientos farmacológicos que sean efectivos para tratar infecciones producidas por bacterias que se encontraban presentes en el agua. Esta investigación se considera de suma importancia ya que, de esta manera se ayuda a una población que requiere contar con un suministro de agua adecuado y de calidad, para poder prevenir enfermedades y en el caso de que se lleguen a producir, recomendar un tratamiento adecuado y eficiente en todas las personas que lo necesiten.

Este trabajo forma parte de un proyecto de vinculación titulado: “Valoración nutricional, niveles de actividad física en niños y adolescentes, para promover hábitos de estilo de vida saludable en

la parroquia Punín”, el cual, se va a realizar con el objetivo de cumplir el componente 2,4 “muestreo y análisis del agua de la parroquia”.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La resistencia a los antibióticos es considerado como un gran problema sanitario y de tipo urgente ya que se acuerdo a la OMS, los antibióticos son fármacos que se emplean para poder prevenir y tratar cualquier tipo de patología bacterianas, sin embargo, la resistencia ha ido incrementando por diversos mecanismos, debido a que la bacteria cambia su modo de respuesta a los medicamentos empleados comúnmente, causando ineffectividad terapéutica, tratamientos complejos de tratar, mayores requerimientos tecnológicos y económicos, derivando en una mayor estancia hospitalaria e incluso la muerte del paciente (OMS, 2020, p.1).

Según datos históricos emitidos por el GAD parroquial de Punín y los centros de salud existentes, en todas las parroquias cercanas existen varios casos de infecciones bacterianas como: vaginitis, amigdalitis, gastroenteritis, otitis y también faringitis, que se contagian por contacto directo con la especie infectada. Además, los niños son la población más afectada, con una preocupante tasa de mortalidad en los infantes (27,78%) (GAD, 2023, p.5).

El agua, es un recurso que, al ser un medio de transporte para llevar diversos microorganismos, además, la mayor cantidad de individuos no cuenta con acceso a agua segura y limpia. De acuerdo con el GAD municipal de la parroquia Punín, el suministro de agua carece de condiciones óptimas de limpieza y seguridad, por ende, no es apta para ser consumida. Además, este sector no posee un sistema de alcantarillado que garantiza un adecuado manejo de las aguas residuales, lo cual contribuye a que aumenten las infecciones bacterianas, que pueden llenar a generar resistencia (GAD, 2023, p.6).

Se debe recalcar que, si no se implementa un plan efectivo que permita llegar a mejorar la calidad del agua en esta parroquia, probablemente la comunidad sufra un incremento en la tasa de morbi-mortalidad por bacterias multirresistentes.

La inseguridad de este recurso es causal de patologías ya sean agudas y crónicas, por lo que es esencial evidenciar el control microbiológico para prevenir patologías. El monitoreo se debe realizar regularmente porque es una herramienta indispensable en la gestión de recursos hídricos y en la garantía de la seguridad hacia las comunidades. A medida que aumenta la población

mundial, crecen los suministros de agua. Las fuentes de agua ya sean subterráneas y superficiales deben exponer los lineamientos de calidad.

1.2. Limitaciones y delimitaciones

Limitaciones:

- La lejanía de los tanques de almacenamiento de agua.
- Las vertientes naturales y otros puntos de almacenamiento de agua plantean un desafío significativo.
- Estos recursos vitales se ubican a distancias considerablemente largas de las áreas de población, lo que complica enormemente su acceso, utilización eficiente y su muestreo para su posterior análisis.
- Falta de caminos o rutas específicas y seguras para llegar a estos puntos de almacenamiento de agua genera un riesgo potencial para la seguridad.
- Necesidad de recorrer largas distancias a pie, en ocasiones a través de terrenos accidentados o peligrosos, pone en peligro la integridad física de los analistas.
- Falta de infraestructura adecuada para el acceso a estos recursos hídricos puede dar lugar a un uso ineficiente de tiempo y recursos.
- La recolección y transporte del agua desde fuentes distantes a menudo implica un gasto de tiempo y energía significativo, lo que reduce la productividad de su análisis.

Delimitaciones:

- Delimitación Espacial: la investigación se llevó a cabo en la parroquia Punín, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo en Ecuador.
- Delimitación temporal: realizar la investigación únicamente durante el periodo académico octubre 2023 – marzo 2024, sin apresurarse o extenderse más allá tiempo del establecido, se trata de una estrategia crucial, pues se trata de un estudio que debe llevarse a cabo con cautela para minimizar los errores que puedan ocurrir por apresuramiento, además de llevar el estudio bajo una planificación detallada, que permita el control adecuado de los análisis que se efectuaran a través del periodo académico establecido.
- Delimitación de contenido: el enfoque de llevar a cabo el análisis exclusivamente de las fuentes de abastecimiento de agua para la parroquia Punín, sin tener en cuenta otras redes de distribución privadas, representa una estrategia específica y deliberada para abordar las necesidades de esta comunidad de manera más eficiente y precisa. Al centrarse en las fuentes de abastecimiento de agua para la parroquia Punín, se puede realizar un análisis detallado de las necesidades específicas de la comunidad. Esto implica evaluar la cantidad de agua disponible, su

calidad y su capacidad para satisfacer la demanda de la población. Además, permite identificar áreas donde la infraestructura existente pueda necesitar mejoras o expansiones. Al involucrar a los representantes políticos de la comunidad en la identificación de los puntos a analizar, se asegura que se tengan en cuenta las preocupaciones y prioridades locales.

1.3. Problema general de investigación

¿Por qué evaluar la resistencia bacteriana aislada en aguas destinadas al abastecimiento público de la parroquia Punín?

1.4. Problemas específicos de investigación

- ¿Cuál sería el procedimiento adecuado para llevar a cabo el muestreo de las vertientes y suministro de agua en la parroquia Punín de acuerdo con las pautas establecidas en las normas NTE INEN 1 105:2012 y NTE INEN 2169:2013?"
- ¿Qué parámetros específicos deben evaluarse al analizar química, física y microbiológicamente el agua de las vertientes y el suministro de agua en la parroquia Punín?
- ¿Cómo aislar microbiológicamente otras bacterias asociadas a multirresistencia del agua de vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín?
- ¿Cómo se lleva a cabo la identificación de la resistencia bacteriana en las bacterias aisladas del agua de las vertientes y el suministro de agua de la parroquia Punín?
- ¿Cuáles son los pasos clave y estrategias recomendadas para llevar a cabo una efectiva socialización de los hallazgos y resultados con los habitantes y la tenencia política de Punín?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la resistencia bacteriana aislada en aguas destinadas al abastecimiento público de la parroquia Punín.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar el muestreo de las vertientes y suministro de agua en la parroquia Punín según lo establecido en las normas NTE INEN 1 105:2012 y NTE INEN 2169:2013

- Analizar química, física y microbiológicamente el agua de las vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín según lo establecido en la norma NTE INEN 1 108:2020.
- Aislar microbiológicamente otras bacterias asociadas a multirresistencia del agua de vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín.
- Identificar la resistencia bacteriana de las bacterias aisladas mediante el método de Kirby Bauer.
- Socializar a los habitantes y tenencia política de Punín.

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación teórica

La organización de las naciones unidas (ONU) en el año 2015 planteó los objetivos que serían parte del desarrollo sostenible (ODS), establecimiento el número 6 sobre el garantizar la disponibilidad de agua mediante una adecuada gestión sostenible y brindando saneamiento para todas las personas, conocido como “Agua limpia y Saneamiento” (ONU, 2015, p.1). Además, al evaluar la resistencia bacteriana a nivel de la red pública de agua de la parroquia Punín se busca cumplir con este objetivo, llevando a cabo las normas sanitarias establecidas por las organizaciones reguladoras para poder brindar una garantía de la calidad del agua potable; la cual, en el caso de Ecuador es la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), la misma que se encarga de verificar el acceso a agua potable, así como los servicios de alcantarillado (ARCA, 2023, p.2).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) en la norma NTE INEN 1 108:2020 detalla todos los requerimientos necesarios que debe cumplir el agua potable para que pueda ser consumida por el ser humano. En esta normativa se detallan las características físicas, presencia de sustancias orgánicas, residuos desinfectantes, plaguicidas, subproductos de la desinfección, cianotoxinas, y los requisitos microbiológicos a considerar, además, el llevar a cabo el análisis de estos parámetros establecidos permite que se determine si el agua se puede consumir de forma segura (INEC 2020, p.1).

Se ha evidenciado que existe una alta prevalencia de bacterias patógenas a nivel del suministro de agua, pudiendo llegar a causar infecciones graves como se venido observando en la información de los centros de salud ubicados en Punín, ya que principalmente se causan infecciones gastrointestinales en niños, donde se requiere análisis bacteriano para identificar los patógenos del cuadro infeccioso y así poder incitar a tomar medidas del tratamiento del agua que eviten la propagación de dichas enfermedades.

Es esencial analizar la resistencia bacteriana en la red de agua pública de la parroquia Punín, para poder mejorar la salud de la población mediante el cumplimiento de regulaciones sanitarias establecidas y la correcta detección de fallos en el tratamiento de agua. Mediante este análisis se puede garantizar que el suministro de agua sea limpio, seguro, cumpliendo los estándares de calidad que requieren las personas, además, se puede identificar el estado actual de contaminación microbiana del agua en Punín, el índice de resistencia bacteriana en las vertientes, las principales causas y así poder plantear soluciones viables que permitan mejorar la calidad de vida de los habitantes de este sector.

Con el desarrollo de la presente investigación se busca proporcionar información real y actualizada acerca de la calidad del agua en los diferentes puntos de distribución en Punín y así identificar los mayores puntos de contaminación para lograr un mejor saneamiento en dichas ubicaciones.

Al evaluar la resistencia bacteriana a nivel de la red pública de agua de esta parroquia también es posible promover la educación sanitaria en las personas, logrando un uso racional de medicamentos, principalmente del grupo de antibióticos que se usan empíricamente, promoviendo la tolerancia a los antibióticos, es decir, se busca concientizar a la población y a las autoridades que están a cargo, con el fin de promover el uso de estos medicamentos cuando sea estrictamente necesarias.

El presente trabajo resulta viable, ya que se cuenta con el respaldo bibliográfico necesario referente a esta temática y en cuanto a la perspectiva práctica, existen los equipos y materiales necesarios para realizar el correcto desarrollo de esta investigación.

1.6.2. Justificación metodológica

La ejecución de esta investigación es posible gracias a los recursos y facilidades proporcionados por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En este contexto académico, se cuenta con una amplia gama de insumos, equipos y laboratorios que son fundamentales para llevar a cabo los análisis químicos, físicos y microbiológicos requeridos en este proyecto. La disponibilidad de estos recursos incluye una diversidad de materiales necesarios, medios de trabajo, reactivos químicos, instrumentos, y equipos especializados, entre otros elementos esenciales. Los laboratorios de la institución están debidamente equipados, esta infraestructura avanzada permite realizar experimentos precisos y confiables, lo que es crucial para alcanzar los objetivos del proyecto.

1.6.3. Justificación práctica

Una vez que se obtengan los resultados se pretende hacer una entrega a las autoridades municipales de la parroquia Punín, con la finalidad de promover conciencia crítica y responsable acerca de una correcta gestión del recurso hídrico en esta comunidad. La concientización es esencial porque se pueden realizar mejorías a nivel de los tratamientos del agua y en la infraestructura relacionada al suministro de este recurso. El impacto final buscado es mejorar significativamente la calidad de vida en esta población, con el fin de reducir los riesgos asociados al consumo de agua contaminada y así aumentar la disponibilidad de agua segura.

El análisis de resistencia bacteriana en diferentes cepas presentes en las muestras de agua tiene un alcance amplio porque se va a abordar el impacto de la resistencia en la salud pública.

A lo largo del tiempo, el uso irracional de antibióticos es un problema mundial que ha llevado al desarrollo de resistencia, por lo que en este estudio se va a evaluar la susceptibilidad a estos medicamentos, destacar la importancia en el control del uso racional de los mismos. Al hacerlo, se espera concienciar tanto a al personal sanitario como a la comunidad para que hagan un uso responsable de antimicrobianos bajo la supervisión de un profesional médico.

Al realizar esta investigación se pretende mejorar la calidad de vida de esta población, identificando problemáticas como un cambio de infraestructura, plantas de tratamiento, rediseño de tanques de almacenamiento y otros que puedan ser ejecutados por las organizaciones públicas, para promover que el agua sea segura y libre de contaminación, gracias a las acciones higienicosanitarias.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La contaminación de este recurso es un desafío porque afecta desproporcionadamente a los países que se encuentran en vías de desarrollo. Pese a los avances significativos a nivel la infraestructura y el acceso al agua, aún existen personas que no tienen acceso a agua segura y de calidad en determinadas regiones, causando un impacto directo en la salud, agravando la pobreza, así como la desigualdad, por lo que se han realizado varios estudios para abordar este problema a lo largo del tiempo.

Los análisis se centran en identificar fuentes de contaminación, evaluar la calidad de este recurso y comprender aquellas prácticas tanto de tratamiento como de suministro del agua, logrando comprender a magnitud del problema y sus posibles causas. Uno de los aspectos más críticos han sido las fuentes de contaminación del agua, ya que son varias desde la descarga de desechos agrícolas, industriales, hasta la falta de sistemas adecuados de tratamiento.

También se han analizado los problemas ligados a la calidad del agua, como la presencia de agentes patógenos, sustancias químicas tóxicas y metales pesados, proporcionando una base sólida para poder desarrollar planes de mejora en favor de mejorar la calidad del agua, principalmente en los países que se encuentran en vías de desarrollo. Dentro de las medidas comunes está el fortalecimiento de la infraestructura, la promoción de prácticas agrícolas que sean sostenibles para disminuir la contaminación del agua e implementar el sistema de purificación de este recurso, buscando soluciones tecnológicas como implementar plantas de tratamiento de bajo costo y algunos métodos de purificación a nivel doméstico.

Por otra parte, los estudios sobre resistencia bacteriana en muestras de agua permiten plantear tratamientos que sean adecuados en los diferentes puntos de distribución de agua, con la finalidad de reducir el número de infecciones en la población y así poder optimizar el tratamiento farmacológico con antimicrobianos.

En España, la isla Gran Canaria, en el año 2015 se realizó un estudio del agua de riego, galerías de agua, lixiviado del suelo y de pozos de almacenamiento, identificando los diferentes microorganismos patógenos y su resistencia, destacando las bacterias del género gram positivos como: *Staphylococcus* y *Enterococcus* y otros géneros como enterobacterias o pertenecientes a

otras familias como: *Pseudomonas* y *Vibrios*, donde se determinó que el 66,6% de bacterias eran resistentes a la amoxicilina + ácido clavulánico, también medicamentos como la enrofloxacin y cefuroxima no fueron efectivos contra las cepas de: *Pseudomonas*, *Serratia marcescens*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli* y *Vibrio metschnikovii*. Además, se realizó la socialización de la información recopilada, concientizando a la población sobre el uso adecuado de los antibióticos, porque el uso racional puede frenar este problema sanitario (Tejedor et al. 2015, p.10).

En un estudio realizado en México en el año 2022 se evaluó la “Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudad de Tepatlán, Jalisco.”, determinando que, el 9% del agua cumplió los criterios de las normas Mexicanas sobre la calidad del agua, el 59% presentó valores elevados de coliformes totales y coliformes fecales, por la falta de él agua clorada y porque los depósitos de almacenamiento estaban en inadecuadas condiciones, concluyendo que, el consumo de esta agua podía causar enfermedades graves, siendo importante implementar procedimientos de desinfección y limpieza en los reservorios, para garantizar la calidad de vida de los estudiantes, mediante el acceso a agua segura y saludable (Iniguez et al. 2022, pp: 33-35).

En Chile en el año 2009 se realizó un estudio acerca de la “evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozo destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de Mariquina, provincia de valdivia”, donde se hizo un análisis bacteriológico del agua que estaba destinada al consumo humano en áreas rurales, donde se procedió a tomar 157 muestras durante un mes y se identificó los coliformes totales (92,4), coliformes fecales (59,2%) y *Escherichia coli* (58,6%), determinando que, el agua no era idónea para ser consumida, siendo un riesgo principalmente en la población infantil y ancianos, por lo que se propuso medidas preventivas para reducir el riesgo de consumo de agua contaminada, así como la protección de pozos de distribución de agua (Bastidas 2009, p.12).

En Brasil, un estudio realizado en São Paulo, analizó 3726 muestras de agua de varias partes municipales encargaban del abastecimiento público, identificando bacterias como: *Enterobacter sp*, *Klebsiella sp*, *E. coli*, *Edwardsiella sp*, *Citrobacter sp*, *Proteus sp*, *Salmonella sp* *Providencia sp*, y *Serratia sp*, donde el 31% de bacterias fueron resistentes a diversos antibióticos como las cefalosporinas y penicilinas, causando que la propagación de estas bacterias gramnegativas aumente la resistencia a los antibióticos, por lo que se vio la necesidad de dar tratamiento al agua, los mismos que deben ser revisados y mejorados, para evitar infecciones graves donde se necesite tratamientos farmacológicos más costosos y complejos, por lo que es un desafío para los sistemas sanitarios (Martins et al. 2019, p.5).

En Venezuela, el año 2017 se realizó un estudio enfocado en la “Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo”, donde

se analizó 10 muestras de agua de diferentes zonas de esta comunidad, siendo la principal fuente de contaminación las actividades agropecuarias, ya que se usan fertilizantes, pesticidas y varios desechos orgánicos que infiltran en aguas subterráneas o superficiales, causando su contaminación. Se enfatizó en los riesgos para la salud y se destacó la falta de tratamientos adecuados y ausencia de sistemas de purificación. Por lo tanto, se propuso la mejora de los tratamientos principalmente en la "Cañada Irragorry", por la alta contaminación. como: la promoción de prácticas agrícolas que sean sostenibles, educar a la comunidad y así garantizar la seguridad, calidad e inocuidad de este recurso (Bracho et al. 2017, p.8).

Los análisis microbiológicos del agua realizados en Ecuador, se dan a nivel de las grandes ciudades, por ejemplo en Cuenca sobre el "Control Microbiológico y Físico-Químico Del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel", donde se determinó que, la calidad del agua era óptima, porque poseen adecuadas plantas de tratamiento, además, los niveles bacteriológicos concordaban con lo establecido en las normas INEN, sin embargo, algunos parámetros físicos como el color y la turbiedad no fueron adecuados y se recomendó corregirlos para garantizar la calidad a los pobladores (Tacuri y Veintimilla 2012, p.15)

Como se ha evidenciado, la calidad microbiológica del agua es precaria en ciertas comunidades de diferentes países, por la falta de saneamiento adecuado. En el caso de la parroquia Punín el estudio más reciente fue acerca de la "evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del agua de consumo humano de la parroquia Punín cantón Riobamba, provincia de Chimborazo", donde se determinó que la calidad del agua no era apta para el consumo humano, por la presencia de *Escherichia coli*, siendo las causas la falta de un sistema de calidad para realizar la captación, almacenamiento y la distribución de este recurso (Yubaille 2017, p.10).

Respecto a la resistencia bacteriana se asocian a una alta tasa de morbi-mortalidad, ya que las bacterias continúan desarrollando resistencia a diferentes medicamentos, siendo algunas de las causas que las industrias farmacéuticas no realizan investigaciones de este fenómeno, baja educación en los pacientes y uso irracional de medicamentos, causando la ineffectividad terapéutica, porque los pacientes no se administran correctamente los medicamentos o a la vez hay un mal uso a nivel hospitalario (Alós 2015, p.2).

2.2. Referencias Teóricas

2.2.1. Agua de consumo

Las aguas de consumo se definen como aquellas fuentes usadas en actividades cotidianas como: cocina, consumo, higiene, entre otros, sin considerar la forma de distribución a los individuos, ya sea por medios públicos, así como privados. Estas aguas juegan un rol vital en la sociedad porque condicionan la calidad de vida que los individuos y su salud (Ministerio de Sanidad España, 2023).

2.2.2. *Calidad del agua*

La calidad del agua es un parámetro esencial que se refiere a la evaluación de la composición química, física, radiológica y biológica, para determinar si se puede usar en distintas actividades como su consumo, agrícolas, recreativas, actividades industriales, mantenimiento de ecosistemas acuáticos, etc. Evaluar este aspecto es importante para precautelar la salud humana ya que debe cumplir con una serie de estándares, mientras que, si el agua se usa para actividades que no se relacionen con su consumo, deben cumplir con los lineamientos establecidos para cada caso (AQUAE 2023, p.2).

2.2.3. *Agua en la naturaleza*

Hace referencia a los distintos tipos de agua que se encuentran en el medio natural como, por ejemplo: agua mesosapróbica, agua mineral natural, agua natural, agua salina, agua subterránea, agua pluvial ácida (INEN 2013, p.5).

2.2.4. *Agua mineral natural*

Es un tipo de agua obtenida de fuentes naturales que tiene un alto contenido de sales minerales y oligoelementos, las cuales, se pueden usar para distribución siempre y cuando cumplan con la pureza microbiológica y estén envasadas en condiciones sanitarias idóneas (INEN 2013, p.5).

2.2.5. *Agua mesosapróbica*

Son aguas contaminadas que tienen un crecimiento importante de especies específicas de diversos microorganismos, así como una moderada concentración de oxígeno (INEN 2013, p.5).

2.2.6. *Agua natural*

Es el agua proveniente de diversas fuentes naturales como los ríos, manantiales, lagos, arroyos, estanques, etc., (INEN 2013, p.5).

2.2.7. Agua subterránea

Es el agua que se encuentra bajo el suelo, es decir son acuíferos donde se acumula el agua (INEN 2013, p.5).

2.2.8. Agua salina

Este tipo de agua tiene altas concentraciones de sal, sin acercarse a la concentración en el caso de agua del mar. (INEN 2013, p.5).

2.2.9. Agua pluvial ácida

Es el agua que tiene un pH menor a cinco, es decir pH ácido (INEN 2013, p.5).

2.2.10. Contaminación

La contaminación es el estado donde existe presencia de energía, sustancias y otros elementos del ambiente que causan alteraciones perjudiciales tanto en los ecosistemas como en los seres vivos, reduciendo la calidad de vida de los animales y de los individuos. Existen diferentes tipos de contaminación como del agua, aire, suelo, lumínica, acústica etc., que se provocan por actividad humana, como vertido de productos químicos, la emisión de gases, disposición inadecuada de residuos, entre otros, lo que daña el ecosistema, hay pérdida de biodiversidad y además, se promueve el deterioro de la calidad de los recursos naturales (AQUAE 2023, p.2).

2.2.11. Saneamiento

El saneamiento se define como el conjunto de medidas que promueven y garantizan las condiciones seguras y saludables sobre el tratamiento de aguas, abastecimiento y la gestión de los desechos, aparte hay un correcto manejo de estas sustancias, para poder garantizar la salud de las personas y mejorar al medio ambiente. Es esencial el saneamiento para prevenir enfermedades que cursan con la diarrea, cólera, fiebre u otras infecciones transmitidas por el agua o los alimentos, para mejorar de la calidad de vida al proporcionar entornos seguros y saludables (INEN 2018, p.2).

2.2.12. Parámetros de calidad del agua

Los parámetros del agua son lineamientos evaluados para determinar la calidad del agua como son: color, sabor, olor, conductividad, turbidez, amonio, pH, níquel, plomo, cobre, cloro residual y la presencia de bacterias como coliformes, *E. coli*, etc., (INEN 2020, p.5).

2.2.12.1. Análisis físico-químico del Agua

Consiste en una serie de parámetros que permite evaluar los requisitos del agua potable como: características físicas del recurso, sustancias radiactivas e inorgánicas, ya que se basa en el conjunto de métodos y técnicas científicas usadas para estudiar y evaluar las propiedades químicas y físicas de la muestra. El análisis involucra la medición y el estudio de características como su composición, las propiedades termodinámicas, estructura molecular, solubilidad, viscosidad, densidad, la conductividad eléctrica, etc., (INEN 2020, p.5). A continuación, se presentan los parámetros establecidos en la NTE INEN:

Tabla 2-1: Parámetros establecidos para el análisis físico-químico

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No objetable
Temperatura	°C	No objetable
pH	---	6.5-8.0
Conductividad	uS/cm	1500
Solidos totales	mg/L	1000
Cloro residual	mg/l	0,3 a 1,5
Nitratos	mg/l	50
Nitritos	mg/l	3,0
Plomo	mg/l	0,01

Realizado por: Pérez M., 2024

2.2.12.2. Análisis microbiológico del Agua

Es un proceso que permite identificar y cuantificar microorganismos que están presentes en una muestra, por ejemplo, en el agua potable, los microorganismos pueden ser virus, bacterias, hongos u otro tipo de microorganismos. Según la norma NTE INEN para el análisis del agua se analizan coliformes fecales (INEN 2020, p.5).

Tabla 2-2: Parámetros establecidos para el análisis microbiológico

Requisitos microbiológicos	Máximo
----------------------------	--------

Coliformes fecales: Tubos múltiples NMP/100 ml	Ausencia
---	----------

Realizado por: Pérez M., 2024

2.2.12.3. Análisis microbiológico de otro tipo de bacterias presentes en el agua

Los análisis microbiológicos permiten identificar y caracterizar todas las bacterias que están en el agua, excluyendo a las patógenas que se evalúan en el análisis de calidad de agua relacionada con la seguridad para el consumo.

Otras bacterias a analizar son *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis* (OMS 2021, p.1).

2.2.13. Microorganismo

Un microorganismo hace referencia a un ser vivo que se observa bajo un microscopio, como los protozoos, hongos, algas y bacterias. Los virus no pertenecen a esta categoría porque no se tratan de un ser vivo (NIH 2023, p.2).

2.2.13.1. Bacteria

Las bacterias son organismos vivos procariotas e unicelulares, que están ampliamente distribuidas, ya que algunas son parte del organismo de otros seres vivos, al ser parte de la microbiota, las cuales son beneficiosas, sin embargo, otras son patógenas y producen enfermedades (Cleveland 2023, p.5).

- *Estructura de una bacteria*

A nivel general las bacterias se encuentran compuestas por pared celular, membrana celular, citoplasma, flagelos, cilios, exopolisacáridos, fimbrias, etc. (Martínez 2006, p.1).

- *Bacterias patógenas*

Son bacterias patógenas causan enfermedades infecciosas y pueden contaminar alimentos y el agua, destacando las siguientes: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Bacillus cereus*, entre otras (GENCAT 2021, p.4).

- *Bacterias gram positivas*

Son un tipo de bacterias que al analizarse por tinción gram adquieren tonalidad azul y pueden causar diversos tipos de infecciones en el ser humano. Se encuentran como cocos o bacilos (Bush et al. 2013, p.1).

***Staphylococcus aureus*:** Esta bacteria es de tipo gram positiva que tiene forma de coco y por lo general aparece en forma de racimos. Afecta a la piel, mucosas y es responsable de ciertas infecciones internas principalmente en pacientes con inmunodeficiencia, causando fiebre elevada, diarrea, hipotensión y erupciones en la piel (INSST 2021, p.4).

***Staphylococcus epidermidis*:** Es una bacteria del grupo coagulasa negativo que se encuentra comúnmente en el epitelio humano y además, coloniza áreas del cuerpo como la cabeza, axilas y la nariz. Generalmente produce una menor cantidad de toxinas respecto a *Staphylococcus aureus*, haciendo que no cause infecciones severas, sin embargo, es una bacteria oportunista a nivel sanitario (Otto 2009, p.1).

- *Bacterias gram negativas*

Este tipo de bacterias al realizar tinción gram se tiñen de un color rojo, se caracterizan porque se encuentran encerradas en una capsula, evitando que los glóbulos blancos destruyan la bacteria y posee una membrana externa que lo protege de la acción de fármacos, por la liberación de diversas endotoxinas (Bush et al. 2013, p.1).

- *Enterobacterias*

Las enterobacterias se caracterizan por ser una familia de bacilos gramnegativos, que son parte de la microbiota en animales y humanos, pudiendo crecer en condiciones aerobias o anaerobias, por lo que causan infecciones urinarias y problemas gastrointestinales. Son un tipo de bacterias cuya morfología va de 2-4 μm , con ciertas características particulares de bacterias gram negativas (Ryan et al. 2017, p.1).

Escherichia coli: Es un bacilo gram negativo de tipo anaerobio facultativo que es parte de las *Enterobacteriaceae*, por lo general se encuentra en la flora de los seres humanos, sin embargo, ciertas cepas son patógenas y causan daño al organismo infectado (Rodríguez et al. 2022, p.464).

Salmonella: Es un bacilo gram negativo que es parte de las *Enterobacteriaceae*, se halla en el intestino de las personas y animales, pudiendo causar infecciones por alimentos y agua contaminados con heces, además, se multiplica rápidamente por la llamada “Salmonelosis” (Alfaro 2018, p.110).

Klebsiella pneumoniae: Esta bacteria es de tipo gram negativa, sin movilidad, anaerobia facultativa, fermentadora de lactosa, que se encuentra en la flora de la piel, boca e intestino, además, es considerada una bacteria importante por la resistencia frente a los carbapenémicos (Tártara 2013, p.103).

Klebsiella oxytoca: Es una bacteria que posee características muy similares respecto a *Klebsiella pneumoniae*, la que se encuentra en el intestino del hombre y animales, aunque también se hallan en agua y suelo contaminados. La infección puede ocasionar infecciones urinarias y en ciertos casos septicemia (Singh 2016, p.59).

- *Clasificación de patógenos prioritarios según la OMS*

La OMS diseñó un listado de bacterias con una urgencia en análisis y desarrollo de nuevos antibióticos, por la alta tasa de resistencia a los antimicrobianos, por lo que se dividió la prioridad para la investigación en 3 clasificaciones: Crítica (*Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterobacteriaceae*), elevada (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecium*, *Helicobacter pylori*, *Salmonellae*, *Campylobacter spp*, *Neisseria gonorrhoeae*) y media (*Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Shigella spp*) (OMS 2017, p.4).

- *Bacterias multiresistentes*

Estas bacterias han creado una inmunidad a diversos tipos de antibióticos que se usaban para su tratamiento y en la actualidad requieren del uso de antibióticos fuertes para su eliminación. La OMS declara que, algunas bacterias han demostrado un gran avance en cuanto a resistencia a diversos medicamentos como: *Staphylococcus aureus*, *Helicobacter pylori*, *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, poniendo en riesgo la salud de la población. (OMS 2017, p.4).

- *Resistencia bacteriana*

La resistencia bacteriana es una condición mediante la cual las bacterias han ido evolucionando y mutando a través del tiempo, causando que la antibioticoterapia no tenga ningún efecto, hay mayor dificultad para tratar estas infecciones y aumenta el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas, produciendo de este modo, efectos graves en la salud de los pacientes. En síntesis, la resistencia dificulta el tratamiento de las enfermedades y causa a nivel mundial un mayor aporte económico y largas estancias hospitalarias (OMS 2017, p.4).

- *Mecanismos de resistencia*

Las bacterias presentan diversos mecanismos de adaptación, por lo que hay varios mecanismos de resistencia. Existe una resistencia natural y la adquirida (causada por mutación cromosómica o por transferencia horizontal de genes), también existe la resistencia transmisible que está mediada por plásmidos, integrones y transposones. Dentro de los mecanismos de resistencia destacan los siguientes (Pérez 1998, p.3).

Inactivación del antibiótico por enzimas: la bacteria produce enzimas que inactivan el antibiótico, en este caso destacan las betalactamasas; en las bacterias gram positivas las enzimas se generan de manera plasmídica, a comparación de las gram negativas donde se pueden producir por plásmidos o transposones. También existen enzimas que cambian los aminoglucósidos, inactivando a antibióticos como tetraciclinas, el cloranfenicol y a los macrólidos.

Bloqueo de la llegada del antibiótico al punto diana: existen ciertas bacterias que producen mutaciones en las porinas, impidiendo el ingreso del antibiótico o también alteran los sistemas de transporte (por ejemplo: inhiben aminoglucósidos). Por otra parte, se puede provocar la salida del medicamento por expulsión activa, impidiendo que el antibiótico actúe de manera eficaz.

Alteración del punto diana: se dificulta la acción del antibiótico a través de alteraciones en el ADN girasa, causando resistencia a quinolonas, o también puede alterar el ARNr23S que causa la resistencia a los macrólidos. Por otra parte, la resistencia a betalactámicos se debe a alteraciones de las enzimas PBPs.

Plásmidos: Son moléculas pequeñas de ADN que poseen las bacterias, tienen una variedad de genes que proporcionan ciertas ventajas selectivas a las bacterias. En el caso de la resistencia, ciertos plásmidos llevan genes que codifican tanto enzimas como proteínas (responsables de la resistencia) (Kaiser 2023, p.2).

Transposones: Son segmentos de ADN que se mueven dentro del genoma de un organismo y tienen la capacidad de integrarse en diferentes ubicaciones del ADN. Son elementos móviles genéticos que transportan genes o los transfieren de un lugar a otro dentro del genoma de la bacteria (Kaiser 2023, p.2).

2.2.14. Antibiótico/antibacteriano

Este grupo de antibióticos combaten las infecciones al eliminar las bacterias o inhibir su crecimiento y multiplicación. Su modo de acción se basa en dañar la pared celular de las bacterias, de modo que, interfirieren en la capacidad de replicación del microorganismo, atacando sus procesos metabólicos. También pueden debilitar o eliminar a las bacterias que provocan la infección, mejorando la salud del paciente y previniendo cualquier complicación, además, se debe resaltar que no actúan contra las infecciones virales como los resfriados o la gripe (Medline Plus 2023, p.1).

Acción bacteriostática: Hace referencia a que un fármaco o compuesto químico, puede inhibir el crecimiento y la reproducción de las bacterias (Medline Plus 2023, p.1).

Acción bactericida: Es la capacidad de fármaco o un compuesto químico, para eliminar o matar directamente a las bacterias (Medline Plus 2023, p.1).

2.2.14.1. Clasificación de antimicrobianos

Los antimicrobianos se clasifican de acuerdo con los mecanismos de acción empleados frente a los distintos patógenos (Del Arco 2014, p.480).

- **Betalactámicos:** en este grupo destacan las Penicilinas, Cefalosporinas, Carbapenémicos y Monobactámicos. Se caracterizan porque actúan inhibiendo la síntesis de peptidoglicano, específicamente la última fase de la formación de la pared celular al bloquear la transpeptidación (Gómez et al. 2015, p.1).
- **Macrólidos:** estos medicamentos actúan uniéndose a bases de la peptidiltransferasa del ARNr 23S, a través de puentes de hidrogeno entre bases presentes en el ARNr y los radicales hidroxilos, es decir, impiden la translocación (Tigueros et al. 2009, p.1).
- **Lincosaminas:** son antibióticos que inhiben la síntesis de proteínas bacterianas mediante su acción en ribosoma 50S, de modo que, interfiere en la transpeptidación (Stahl 2009, p.1).
- **Tetraciclinas:** estos medicamentos inhiben la síntesis proteica, porque se unen a la subunidad 30S, bloqueando el transporte de los aminoácidos hacia la subunidad 50S (Vicente 2009, p.112).

- Aminoglucósidos: causan la inhibición de la síntesis proteica a través de la unión a la subunidad 30S del ribosoma, lo que provoca que la actividad bactericida dependa de la concentración del antibiótico (Werth 2022, p.1).
- Anfenicoles: actúan bloqueando la síntesis de las proteínas porque se unen a la proteína L16 ubicada en la subunidad 50S, causando que no se formen enlaces peptídicos, de modo que, existe una acción bacteriostática (Calvo et al. 2008, p.44).
- Peptídicos: medicamentos que provocan la lisis directa de la bacteria al dañar su membrana, causado por la interacción de las fuerzas electrostáticas tanto del antibiótico como de la bacteria (Del Ángel 2019, p.1).
- Oxazolidinonas: los medicamentos inhiben la síntesis de las proteínas por la fijación a la subunidad 50S, causando una inhibición en la formación del complejo 70S (Prigau 2003, p.6).
- Nitroimidazoles: los medicamentos causan una reducción del grupo nitro, formando compuestos intermedios tóxicos contra el microorganismo, ya que, de este modo, daña el ADN bacteriano mediante un proceso de oxidación, produciendo la muerte de la bacteria (Gaillat 2010, p.1).
- Fusidanos: los antibióticos bloquean el factor de elongación de la bacteria, causando que no se formen proteínas en la bacteria ni haya aporte energético hacia el microorganismo.
- Fosfanatos: estos medicamentos inhiben la piruviltransferasa, impidiendo la fijación del fosfoenolpiruvato al UDP-NAG, de modo que se bloque al precursor UDP-NAM. (Vademecum 2016, p.1).
- Quinolonas: son medicamentos que inhiben las topoisomerasas que se encargan de ayudar a formar el ADN, es decir, se provoca una acción bactericida según la concentración del fármaco (Calvo et al. 2008, p.44).
- Sulfonamidas y diaminopiridinas: son antibióticos que inhiben la conversión del ácido p-aminobenzoico en el compuesto dihidropteroato, impidiendo que se forme el folato, DNA y purinas (Werth. 2022, p.1).

2.2.15. Pruebas de sensibilidad antimicrobiana

Las pruebas de sensibilidad conocidos como antibiogramas, permiten identificar la susceptibilidad que una bacteria frente a algunos fármacos antimicrobianos, de modo que, se basan en la exposición de este agente a determinadas concentraciones del fármaco de modo in vitro, lo que puede analizarse en humanos porque en los antibiogramas no se considera la farmacodinámica y farmacocinética del medicamento. Generalmente estas pruebas suelen ser de tipo cualitativo o semicuantitativo (Vásquez 2022, p.12).

Método de difusión en disco: Se conoce como prueba de Kirby-Bauer, porque permite un rápido crecimiento, consiste básicamente en colocar discos de antibióticos que poseen una concentración conocida en agar Mueller Hinton con el inóculo bacteriano, y luego de la incubación se miden los halos de inhibición que rodea a los discos colocados determinando resistencia o susceptibilidad bacteriana.

Métodos semicuantitativos: este método determina la concentración mínima inhibitoria de un antimicrobiano (CMI), donde se expone el microorganismo diluido en caldo nutritivo a diversas concentraciones del fármaco. La prueba se realiza en tubos de ensayo para realizar una visualización rápida de turbidez en los tubos, lo que indica que la concentración de fármaco es ineficaz para poder inhibir el crecimiento de la bacteria, por otro lado, si hay ligera turbidez o ausencia de esta, el fármaco es intermedio o sensible. Finalmente, como se conocer las concentraciones de fármaco a las que fue expuesta la bacteria, se realiza una aproximación de la CIM por cálculos matemáticos.

2.2.16. Coliformes totales

Los coliformes totales son bacterias usadas como un indicador de contaminación fecal, sobre todo en el caso del agua. Es importante realizar una monitorización de estas bacterias para poder garantizar la seguridad y la calidad de este recurso, además, el análisis se realiza en laboratorio mediante pruebas específicas (Carbotecnia 2021, p.1).

2.2.17. Coliformes fecales

Este tipo de bacterias pertenecen a la subespecie *Escherichia coli* y poseen características asociadas a contaminación por materia fecal. Son un indicador de contaminación fecal reciente, y se usa para evaluar el agua, con el fin de determinar si es apta para el consumo humano. Si la bacteria se encuentra en niveles altos pueden causar enfermedades gastrointestinales, por lo que su determinación en agua potable permite tomar medidas de desinfección (Aceveso et al. 2001, p.12).

2.2.18. Pruebas bioquímicas de identificación bacteriana

Estas pruebas son análisis que combinados, permiten identificar a las bacterias según sus características, como la capacidad de fermentar azúcares, la degradación de ciertos compuesto presencia de ciertas enzimas o la producción de otras sustancias. Entre las pruebas bioquímicas destacan: ureasa, citrato, Sulfuro Indol Movilidad (SIM), oxidasa, triple azúcar hierro (TSI), coagulasa, catalasa (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de citrato*

Esta prueba permite principalmente enterobacterias, porque estas bacterias obtienen energía a partir de la fermentación del citrato ya que es su única fuente de carbono. Se caracteriza por presentar un color azulado oscuro a las 24-48 horas de haber inoculado el medio que era verde en un inicio (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de la ureasa*

Es una prueba basada en hidrolizar la urea por la presencia de enzimas en una bacteria determinada, lo que produce agua, amonio y dióxido de carbono. Esta prueba se utiliza principalmente para poder identificar *Proteus spp*, aunque también es un indicativo de *Escherichia coli*, *Klebsiella*, y *Providencia* (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de sulfuro indol movilidad (SIM)*

Esta prueba permite observar si se produce sulfuro, indol y si existe la movilidad en las bacterias. Si el microorganismo tiene la enzima triptofanasa puede tanto hidrolizar como desaminar el triptófano, obteniendo indol, amoníaco y ácido pirúvico. La prueba es positiva en el caso de que se forme un anillo rojo, si el medio se torna oscuro, la bacteria puede producir ácido sulfhídrico y en el caso de la movilidad, las bacterias migraran de la línea de siembra y llegan a distribuirse por todo el medio (se observa turbiedad) (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de triple azúcar hierro (TSI)*

La prueba permite observar hidratos de carbono en las enterobacterias, ya que existen diferentes tipos de fermentación como: reacción ácido, reacción alcalina, producción de ácido sulfhídrico. y formación de burbujas. Cuando se produce un color rojo en el pico hay una reacción alcalina y se deduce que hubo degradación aeróbica de la glucosa. Cuando hay un color amarillo en la base del tubo, hubo una reacción ácida y por ende una degradación de tipo anaeróbica de la glucosa. Por otro lado, cuando se forma un precipitado negro hubo producción de ácido sulfhídrico y se produjo gases se observaron burbujas en el medio (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de la oxidasa*

Esta prueba permite identificar si las bacterias tienen citocromooxidasa dentro de su cadena respiratoria, considerándolos como bacterias oxidasa positivas. Se realiza una prueba con papel filtro, donde se humedece el papel con unas pocas gotas del reactivo estándar y luego se coloca una colonia para analizar. El resultado es positivo si se observa azul en el papel y si no cambia de color es negativo (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de la coagulasa*

Esta prueba permite identificar *Staphylococcus aureus*, ya que la enzima coagulasa se encuentra a nivel de estas bacterias y reacciona mediante la coagulación del plasma por conversión del fibrinógeno a un compuesto llamado fibrina. Es positivo si se observa la formación de coágulo (indica presencia de *Staphylococcus aureus*), mientras que si es negativo indica presencia de *Staphylococcus epidermidis* (Ramírez et al. 2018, p.17).

- *Prueba de la catalasa*

Esta prueba permite diferenciar la producción de la enzima catalasa en las bacterias, ya que se encuentra en aerobios y anaerobios facultativos, además, permite descomponer el peróxido de hidrógeno que se forma en la oxidación de los azúcares. Se realiza esta prueba en placas portaobjetos y es positivo si se observa producción de burbujas o efervescencia en la placa, mientras que, es negativo si no se visualiza ninguna reacción (Ramírez et al. 2018, p.17).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, ya que primordialmente se basa en análisis físico-químicos y microbiológicos, considerando datos numéricos, estadísticos e informáticos. La evaluación precisa de parámetros a evaluar en la calidad del agua, para verificar que esta cumpla con las regulaciones y estándares establecidos para este recurso.

3.2. Nivel de investigación

La investigación adopta un enfoque observacional de tipo descriptivo, ya que esta metodología es la más apropiada para comprender y documentar la realidad de las características asociadas a la calidad del agua en su entorno natural. La calidad del agua es un fenómeno complejo y dinámico que está influenciado por una multitud de factores ambientales y humanos. La observación directa permite capturar la interacción de estos factores en tiempo real, proporcionando una representación más auténtica y detallada de la situación. La naturaleza descriptiva de la investigación permite identificar patrones, tendencias y relaciones entre variables, contribuyendo así a una comprensión más profunda de la calidad del agua y los posibles factores que la afectan. Adoptar un enfoque descriptivo, ya que, la investigación se centra en la recopilación detallada de datos sin manipulación experimental. Esto es especialmente relevante cuando se aborda el estudio de la calidad del agua en su entorno natural, ya que cualquier intervención artificial podría distorsionar los resultados y no reflejar con precisión la realidad ambiental.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *Según la manipulación o no de la variable independiente*

Posee un diseño no experimental ya que no se manipuló ninguna variable que infiera en los resultados que se pretenden obtener.

3.3.2. *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

El estudio es de tipo longitudinal ya que se busca realizar los análisis 3 veces en distintos periodos de tiempo para evaluar la variabilidad de los resultados obtenidos y mejorar la fiabilidad de estos.

3.4. Tipo de estudio

Es de tipo documental y de campo, ya que la información se obtiene a partir de fuentes bibliográficas que permiten obtener más información sobre ciertos aspectos generales del estudio, y de campo ya que se requiere de la información específica de la zona y la población objeto de estudio, pues no se trata de información que se pueda obtener de otra fuente.

3.5. Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

La población objeto de estudio son: vertientes de agua natural, tanques de almacenamiento y agua entubada (viviendas) de la parroquia Punín.

El muestreo se llevó a cabo según lo establecido en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1105:2012. Se recolecta un volumen de muestra de 100 mL para el análisis microbiológico, y 900 mL para el análisis físico-químico por cada uno de los siguientes puntos de interés de manera aleatorizada, no probabilística, dentro de la parroquia Punín:

- Tanque de Almacenamiento: Agua Azul
- Vertiente Natural: Guagracorral
- Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1
- Vertiente Natural: Shaguil P2
- Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3
- Vertiente Natural: Calispoglio
- Vertiente Natural: Guantuguico
- Tanque de Almacenamiento: Chuculnag
- Tanque de Almacenamiento: Bacún
- Baños Públicos del centro de Punín
- Vivienda del centro de Punín.

3.5.1. Criterios de inclusión

- Tanque de almacenamiento y fuentes de agua natural que cuenten con vías de acceso para su debido muestreo.
- Puntos en los cuales exista un registro previo de contaminación para evaluar la calidad del agua a través de diferentes periodos de tiempo.

3.5.2. Criterios de exclusión

- Redes de distribución de agua privatizadas, donde no exista una autoridad a cargo de ellas.
- Zonas en las cuales haya existido gran actividad humana o industrial, que puedan afectar a los análisis.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1. Análisis físico-químico

3.6.1.1. Muestreo para análisis físico-químico según lo la norma NTE INEN 2169:2013

Tabla 3-1: Equipos, reactivos y materiales para el muestreo para análisis físico-químico

Equipo	Volumen de muestra
Frascos para recolección de muestra (botellas plásticas de 900 mL)	No menos a 900 mL
Aparatos para el muestreo (pinzas para sujetar los envases y retirar el tapón sin entrar en contacto con otro tipo de material biológico)	

Realizado por: Pérez M., 2024

Se tomó un volumen de aproximadamente 900 mL en botellas plásticas, en dependencia de los análisis a realizar.

3.6.1.2. Almacenamiento y conservación de las muestras según la norma NTE INEN 2169:2013

A continuación, se presentan los equipos y materiales necesario para almacenar muestras:

Tabla 3-2: Equipos, reactivos y materiales para el almacenamiento de las muestras

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Cooler	<ul style="list-style-type: none">Gel sustituto del hielo	<ul style="list-style-type: none">Botellas plásticasCintaEsferosPinzas

Realizado por: Pérez M., 2024

- Una vez que se recolectó la muestra se refrigeró en un congelador a una temperatura de entre 2 y 5 °C con ayuda de geles que no permitan la contaminación de la muestra.
- Cuando las muestras fueron recolectadas y almacenadas se procedió a realizar el transporte de estas a los laboratorios en donde se realizaron los análisis.

3.6.1.3. Análisis de pH

Tabla 3-3: Equipos, reactivos y materiales utilizados para la medición de pH

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">pH-metro	<ul style="list-style-type: none">agua destiladaSolución Buffer de pH 7	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaVasos de precipitación

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se calibró el pH-metro con la solución buffer pH 7.
- Una vez calibrado el equipo se colocó la muestra a analizar en un vaso de precipitación.
- El volumen utilizado fue el necesario para cubrir el electrodo de vidrio.
- Una vez se introdujo el electrodo se dejó reposar el equipo hasta que este se estabilizó.
- Finalmente se realizó la lectura del valor obtenido por el equipo y se enjuagó el electrodo con ayuda de agua destilada.

3.6.1.4. Análisis de olor

A continuación, se muestran los equipos y materiales para analizar el color:

Tabla 3-4: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis del olor

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Ninguno	<ul style="list-style-type: none">Agua destilada	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaVasos de precipitación

Realizado por: Pérez M., 2024

- La muestra fue depositada en los vasos de precipitación completamente limpios e inodoros.
- Posteriormente en un lugar que no posea olores notables se procedió a oler la muestra.
- De manera directa se olfateó la muestra y se reportó su olor.

3.6.1.5. Análisis de temperatura

Tabla 3-5: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de temperatura

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Ninguno	<ul style="list-style-type: none">Agua destilada	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaVasos de precipitaciónTermómetro de mercurio

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se colocaron las muestras en los vasos de precipitación.
- Posteriormente se introdujo la punta del termómetro de mercurio en el vaso de precipitación y se esperó hasta que se llegó a la estabilidad.
- Se observó la escala de temperatura y se reportó el resultado.

3.6.1.6. Análisis de color

Tabla 3-6: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis del color

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Colorímetro HACH DR 2800	<ul style="list-style-type: none">Agua destilada	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaCeldas propias del analizador.

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se calibró el equipo utilizando una celda con agua destilada, ya que esta fue utilizada como blanco en el equipo y permitió encerrar el mismo.
- En otra celda del equipo se colocaron 10 mL de muestra.

- Finalmente se realizó el escaneo del equipo el cual indicó el valor de color de las muestras analizadas.

3.6.1.7. Análisis de turbiedad

Tabla 3-7: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de turbiedad

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro (Lamotte We Turbidimeter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de agua • Celdas propias del analizador.

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se calibró el equipo con ayuda de agua destilada la cual fue utilizada como blanco.
- Posteriormente se tomaron 10 mL de muestra y se colocaron en la celda completamente seca.
- Finalmente se realizó la lectura del análisis del equipo.

3.6.1.8. Análisis de conductividad

Tabla 3-8: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de conductividad

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro (4510 Conductivity Meter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Agitador magnético • Solución buffer 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de agua • Vasos de precipitación

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se calibró el equipo utilizando la solución buffer 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Con ayuda de un vaso de precipitación se añadió agua destilada en donde se colocó el electrodo hasta la mitad.
- Se agitó levemente para realizar el lavado.
- Posteriormente en un vaso de precipitación se colocó la muestra de agua a analizar y se introdujo el electrodo ya lavado.
- Se dejó estabilizar el equipo y finalmente se leyó el resultado.

3.6.1.9. Análisis de nitratos

Tabla 3-9: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de nitratos

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Espectrofotómetro UV-Visible	<ul style="list-style-type: none">Reactivo de color para nitrato	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaErlenmeyer de 250 mL

Realizado por: Pérez M., 2024

- Con ayuda del matraz Erlenmeyer se filtró 50 mL de muestra a analizar.
- Una vez terminado este proceso se colocó 1 mL de solución madre según lo establecido en el manual del equipo.
- Se agito hasta que se homogenizó completamente con la muestra.
- Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 543 nm, y se añadió 10 mL en la celda del blanco y se encendió el equipo.
- Finalmente se colocaron 10 mL de cada muestra a analizar en la celda seca y una vez que el equipo se estabilizó se reportó el resultado.

3.6.1.10. Análisis de nitritos

Tabla 3-10: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de nitritos

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none">Espectrofotómetro UV-Visible	<ul style="list-style-type: none">Reactivo de color para nitrito	<ul style="list-style-type: none">Muestra de aguaErlenmeyer de 250 mL

Realizado por: Pérez M., 2024

- Con ayuda del matraz Erlenmeyer se filtró 50 mL de muestra a analizar.
- Una vez terminado este proceso se colocó 2 mL de solución madre según lo establecido en el manual del equipo.
- Se agito hasta que se homogenizó completamente con la muestra.
- Se leyó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 543 nm, y se añadió 10 mL en la celda del blanco y se encendió el equipo.
- Finalmente se colocaron 10 mL de cada muestra a analizar en la celda seca y una vez que el equipo se estabilizó se reportó el resultado.

3.6.1.11. Análisis de sólidos totales

Tabla 3-11: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de sólidos totales

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de agua • Crisoles • Pinza metálica

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se lavó los crisoles que se iban a utilizar para el análisis de las muestras.
- Se dejaron secar en la estufa a 105 °C durante un periodo de aproximadamente 2 horas.
- Posteriormente se dejó enfriar el desecador y se pesó el crisol.
- Se tomaron 25 mL de muestra y se colocaron en el crisol previamente tarado y se sometió a evaporación nuevamente a 105 °C en la estufa.
- Una vez se evaporó la muestra se enfrió y se pesó el crisol.
- Una vez obtenidos todos los datos se utilizó la siguiente fórmula para obtener el resultado final.

$$\text{Sólidos Totales } \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(P2 - P1)}{V} * \frac{1000ml}{1l} * \frac{1000mg}{1g}$$

Dónde:

- P2= Peso de crisol, residuo seco en gramos.
- P1= Peso del crisol tarado en gramos.
- V= Volumen de muestra analizado.

3.6.1.12. Análisis de cloro residual

Tabla 3-12: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de cloro residual

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Kit de cloro residual HACH 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Reactivo DPD 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de agua • Viales propios del equipo.

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se llenó el vial propio del equipo con 10 mL de agua destilada y fue utilizado como blanco en el análisis.
- Se destapó el equipo y se colocó el blanco en el orificio propio del vial y se cubrió el mismo con la tapa plástica del equipo.

- Con ayuda del blanco se enceró el equipo.
- En el segundo vial se colocó la muestra a analizar y sobre la misma el reactivo DPD y se agitó la muestra durante un minuto.
- Se limpió la celda para que esta permita mejor el paso de la luz del equipo y se leyó la muestra.

3.6.1.13. Análisis de plomo

Tabla 3-13: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis de plomo

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro HACH DR 2000 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Pruebas en cubeta para plomo 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra de agua

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se pipetearon 10 mL de cada una de las muestras a analizar.
- Posteriormente se colocaron en la probeta de reacción de 20 mm y se añadió una cucharada pequeña del reactivo A
- Se cubrió la probeta de reacción y se invirtió la misma durante 2 veces.
- Después de 2 minutos de añadió 1.5 mL de la solución B en una cubeta de muestra. Y se pipetearon 4 mL de muestra de la probeta de reacción.
- Se añadieron los 4 mL en la cubeta y se agito durante 2 veces, posteriormente se esperó un periodo de 2 minutos y se limpió el exterior de la cubeta.
- En el equipo se seleccionó la prueba y se ajustó el blanco de este.
- Posteriormente se retiró la cubeta y se añadió 0.3 mL de solución C y se agitó 2 veces más, se dejó reposar durante 1 minuto y se colocó la cubeta en el portacubetas.
- Finalmente, el equipo leyó y midió el resultado de las muestras analizadas.

3.6.2. Análisis microbiológico

3.6.2.1. Muestreo de agua según lo establecido en la norma NTE INEN 1105:2012

Tabla 3-14: Equipos, reactivos y materiales para el muestreo para análisis microbiológico

Equipo	Reactivos	Volumen de muestra
Frascos para recolección de muestra (Frascos de orina estériles)	Tiosulfato de sodio (10% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) para retirar el cloro presente en las muestras.	No menos a 100 cm^3

Aparatos para el muestreo (pinzas para sujetar los envases y retirar el tapón sin entrar en contacto con otro tipo de material biológico)	Sal tetrasódica del ácido etilendiamino tetra acético. (EDTA. Solución al 15%.) para conservar la muestra, eliminar iones metálicos y evitar formación de biofilms para evitar alteraciones en la distribución de los microorganismos.	
Equipo de esterilización (Autoclave)		

Realizado por: Pérez M., 2024

3.6.2.2. Preparación de los frascos de muestreo

- Cada frasco de 100 mL debe tener 0,1 mL de Tiosulfato de sodio (10% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) para retirar el cloro presente en las muestras y evitar que los microorganismos presentes puedan morir por este factor.
- Antes de realizar el muestreo se coloca 0,1 mL de Tiosulfato de sodio en cada frasco y se esteriliza en calor seco o húmedo, posteriormente se conservan los frascos hasta el momento del muestreo en esterilidad (120 - 121 °C durante 10 – 15 min).

3.6.2.3. Procedimiento para el muestreo

- No destapar el frasco hasta el momento del muestreo.
- Evitar la contaminación de la muestra después del muestreo y antes del análisis microbiológico.
- Dejar espacio de aire en el frasco para facilitar el mezclado de la muestra por agitación.

3.6.2.4. Para una red de distribución:

- Si se toma de un grifo: comprobar que el suministro del agua sea directo de una tubería de la red.
- Abrir completamente el grifo y dejar que el agua fluya por 2 o 3 minutos para permitir la purga de la línea de servicio.
- Tomar la muestra.

3.6.2.5. Muestreo en ríos, arroyos, lagos, reservorios, manantiales o pozos poco profundos:

- No captar muestras demasiado cerca de los bordes
- Tomar la muestra sumergiendo el frasco con la boca hacia abajo, posteriormente invertir el frasco para que la boca quede ligeramente hacia arriba y en sentido opuesto a la corriente, en

caso de no existir corriente crearla artificialmente empujando el frasco en dirección opuesta a la mano.

- Para muestrear de un pozo provisto con una bomba de mano, bombear por 5 minutos antes de tomar la muestra y tomar la muestra de una llave de descargue, en caso de no contar con esta, muestrear directamente del pozo.

3.6.2.6. *Preservación y almacenamiento de las muestras*

- Iniciar el análisis microbiológico inmediatamente después de haber recolectado la muestra
- En caso de no poder procesar la muestra en una 1 después de la recolección se trasporta la muestra con un porta muestras de hielo
- La temperatura no debe exceder los 10 °C durante un máximo de 6 horas de transporte
- El tiempo y la temperatura de almacenamiento de todas las muestras deben registrarse y tomarse en cuenta en la interpretación de resultados.

3.6.3. *Trasporte de las muestras al laboratorio de microbiología de la ESPOCH*

3.6.3.1. *Análisis de coliformes fecales por número más probable (NMP)*

Tabla 3-15: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el análisis microbiológico

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Baño María • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Caldo lactosado • Medio EC (MUG) • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo con tapón • Tubos Durham • Gradilla • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Micropipeta de puntas azules y amarillas • Pipeta graduada o jeringas • Pera de succión • Asa bacteriológica

Realizado por: Pérez M., 2024

3.6.3.2. *Prueba presuntiva*

- Se preparó una cantidad de caldo lactosado proporcional al número de muestras a analizar.
- Para el análisis de cada muestra se necesitó 15 tubos de ensayo con sus respectivos tubos Durham.

- Se esterilizó el caldo y se coloca 10 mL en los tubos según la distribución de las diferentes series y concentraciones.
- Cada 5 tubos son una serie de dilución y concentración diferente empezando de más concentración a menos concentración.
- Para la inoculación de la muestra se trabajó en un ambiente estéril con ayuda de la cámara de flujo laminar.
- Los primeros 5 tubos tuvieron una concentración doble de caldo lactosado y se inocularon 10 mL de muestra con ayuda de una pipeta graduada estéril o de jeringas de 10 mL estériles.
- En la segunda serie de 5 tubos se colocó 10 mL de caldo lactosado en concentración normal y se inoculó con 1 mL de muestra con ayuda de una micropipeta de puntas azules.
- En la tercera serie de 5 tubos se colocaron 10 mL de caldo y se inoculó con 0.1 mL de muestra con ayuda de una micropipeta de puntas amarillas.
- Los tubos se incubaron a 37 °C durante 24 a 48 horas, la aparición de la burbuja dentro de los tubos durham quiere decir que ocurrió la producción de gas debido al metabolismo ejercido por las bacterias en el caldo lactosado.

3.6.3.3. Prueba confirmatoria

- Se preparó una cantidad de medio EC proporcional al número de tubos con resultado positivos en las pruebas presuntivas del análisis de coliformes fecales.
- Se colocaron 10 mL de medio EC en cada tubo a analizar.
- Para la inoculación de la muestra se trabajó en un ambiente estéril con ayuda de la cámara de flujo laminar.
- Con los tubos positivos de las pruebas presuntivas y los tubos por inocular dentro de la cámara se procedió a tomar con un asa bacteriológica una asada de muestra de cada tubo positivo y se inoculó en los tubos estériles con el medio EC.
- Tras finalizar con la inoculación se dejó incubar a 44.5 °C en un baño de agua termostataado, durante 24 horas.
- Aquellos tubos que nuevamente presentaron la formación de una burbuja debido a la producción de gas fueron positivos para presencia de coliformes fecales.

3.6.4. Siembra y aislamiento de bacterias patógenas presentes en las muestras de agua.

A continuación, se presentan los equipos y materiales para el aislamiento de patógenos:

Tabla 3-16: Equipos, reactivos y materiales utilizados para el cultivo de los microorganismos

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Agar EMB • Agar Sangre • Agar manitol • Agua destilada • Agua peptonada 	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Asa bacteriológica • Placas Petri o placas tri Petri • Mechero de alcohol • Tubos de ensayo

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se preparó diluciones de las muestras de agua desde una concentración $\times 10^{-1}$ hasta $\times 10^{-6}$ en agua peptonada y se dejó incubar durante 24 h a 37 °C.
- Se preparó los medios de cultivo: EMB, Manitol y Sangre. Según lo establecido en las instrucciones de cada uno de los medios.
- Fue necesario preparar estos 3 medios de cultivo para las diluciones más significativas, en este caso $\times 10^{-1}$, $\times 10^{-3}$, $\times 10^{-6}$.
- Se plaquéó los medios de cultivo en un ambiente estéril utilizando la cámara de flujo laminar.
- Una vez transcurrido este tiempo, se procedió a realizar la siembra mediante el método de siembra en superficie en cada uno de los medios selectivos.
- A partir de los tubos con las diluciones se sembró un inculo con ayuda de un isopo estéril en los diferentes medios de cultivo.
- Finalmente se incubó las placas sembradas a 37 °C durante 24 – 72.

Tabla 3-17: Equipos, reactivos y materiales para el aislamiento de los microorganismos

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Balanza analítica • Microscopio 	<ul style="list-style-type: none"> • Agar EMB • Agar Sangre • Agar manitol • Agua destilada • Cristal violeta • Lugol • Alcohol cetona • Safranina • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Asa bacteriológica • Placas Petri o placas tri Petri • Mechero de alcohol • Placa portaobjetos

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se preparó los medios de cultivo: EMB, Manitol y Sangre. Según lo establecido en las instrucciones de cada uno de los medios.
- Una vez los microorganismos hayan sido incubados por el tiempo necesario, se realizó el aislamiento de las diferentes colonias utilizando un asa bacteriológica, y volviendo sembrarlos en nuevas placas con los medios de cultivo estériles.
- Cada microorganismo fue aislado en los medios de cultivo en los que presentaron crecimiento anteriormente y de esta forma se obtuvo una colonia pura de la bacteria.
- Se incubó las placas a 37 °C durante 24 – 72 horas en dependencia del microorganismo estudiado.
- Pasado este tiempo se realizó una Tinción Gram de las colonias aisladas.
- Se colocó un inóculo de la colonia aislada en una placa portaobjetos y se diluyó con una gota de agua estéril por el portaobjetos, se dejó secar la muestra hasta que quedó una mancha sólida sobre la superficie del portaobjetos.
- Se colocaron gotas de cristal violeta sobre la mancha durante 60 segundos y se lavó la muestra con agua.
- Posteriormente se colocaron gotas de Lugol durante 60 segundos y se lavó la muestra con agua.
- Se colocó gotas de alcohol cetona durante 10-15 segundos y se lavó la muestra con agua.
- Finalmente se colocaron gotas de Safranina y se dejó reposar durante 45 segundos, posteriormente se lavó la muestra con agua y se dejó secar.
- Se observó el resultado bajo el microscopio para evaluar si se trataba de un aislamiento puro de la bacteria.

3.6.5. Pruebas de identificación bioquímicas

Tabla 3-18: Equipos, reactivos y materiales para las pruebas bioquímicas de identificación

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio Citrato de Simmons • Caldo urea de Stuart o agar urea de Christensen • Medio SIM • Medio TSI • Reactivo de Kovac o de Erlich • Plasma • Peróxido de hidrógeno • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Asa bacteriológica • Tubos de vidrio con tapa • Mechero de alcohol • Placa portaobjetos

Realizado por: Pérez M., 2024

A partir de colonias puras de los microorganismos se realizó las pruebas de identificación bioquímicas que nos permitieron conocer con mayor certeza de que tipo de bacteria se trata.

3.6.6. Pruebas de identificación para bacterias Gram negativas

3.6.6.1. Prueba de citrato

- Se preparó el medio Citrato de Simmons en tubos de vidrio inclinados para obtener los medios de cultivo en pico de flauta.
- Se tomó una colonia aislada del microorganismo de interés y se sembró pinchando el fondo y en forma de estría sobre el pico de flauta.
- El tubo se incubó a 35 °C en aerobiosis durante 24 hasta 48 horas.
- Transcurrido este tiempo los tubos positivos se diferenciaron por la producción de un color azulado.

3.6.6.2. Prueba de la ureasa

- Se preparó agar urea, en tubos de vidrio inclinados para obtener los medios de cultivo en pico de flauta.
- Se sembró pinchando el fondo y en estría sobre el pico de flauta con un asa bacteriológica una colonia del microorganismo puro a analizar.
- Se dejó incubar el tubo 35 °C en aerobiosis durante 18 hasta 24 horas en aerobiosis.
- Transcurrido este tiempo aquellos tubos que presentaron un viraje de color a fucsia son considerados como positivos.
- Los tubos negativos serán aquellos que no hayan presentado ningún cambio de color.

3.6.6.3. Prueba de sulfuro indol movilidad (SIM)

- Se inoculó la colonia por punción profunda utilizando una aguja de inoculación recta.
- Se deja incubar los tubos en aerobiosis a 33-37 °C durante 18 – 24 horas.
- Para la prueba de Indol se utilizó el reactivo de Kovac, para lo cual se colocaron unas gotas sobre el medio semisólido y se presencié la formación de un complejo rojo el cual fue el indicativo de una prueba positiva.
- Aquellos tubos que se hayan tomaron un color oscuro tras su incubación fueron considerados como productores de ácido sulfhídrico.

- Mientras que aquellos tubos con organismos móviles presentaron turbidez en el tubo debido a la propagación del microorganismo por el medio.

3.6.6.4. Prueba de triple azúcar hierro (TSI)

- Se preparó el medio TSI en tubos de vidrio inclinados para obtener los medios de cultivo en pico de flauta.
- Se inoculó el microorganismo con ayuda de una aguja de inoculación picando el fondo y extendiendo sobre la superficie del medio preparado.
- Se dejó incubar los tubos en aerobiosis a 33-37 °C durante 18 – 24 horas.
- Una vez transcurrido este tiempo se observó el cambio de coloración en los tubos.
- Cuando el pico de flauta fue alcalino/ profundidad ácida (Rojo/Amarillo).
- Cuando el pico de flauta fue ácido/ profundidad ácida (Amarillo/Amarillo).
- Cuando el pico de flauta fue alcalino/ profundidad alcalina (Rojo/Rojo).

3.6.6.5. Prueba de agar lisina/hierro (LIA)

- Se preparo el medio LIA en tubos de vidrio inclinados para obtener los medios de cultivo en pico de flauta.
- Se inoculó el microorganismo con ayuda de una aguja de inoculación picando el fondo y extendiendo sobre la superficie del medio preparado.
- Se dejó incubar los tubos en aerobiosis a 33-37 °C durante 18 – 24 horas.
- Una vez transcurrido este tiempo se observó el cambio de coloración en los tubos.
- Se tomó como resultado positivo a aquellos tubos cuya coloración fue superficie alcalina/ profundidad alcalina.
- Se tomó como resultado negativo a aquellos tubos cuya coloración fue superficie alcalina/ profundidad ácida.

3.6.7. Pruebas de identificación para bacterias Gram negativas

3.6.7.1. Crecimiento en agar manitol

- Se prepararon placas de agar manitol en dependencia de las bacterias a estudiar.
- Se sembró los microrganismos mediante la siembra por agotamiento en toda la placa.
- Se dejo incubar la placa a 37 °C durante 24 horas, una vez transcurrido ese tiempo se observó si existió crecimiento de la bacteria en dicho medio.

3.6.7.2. Prueba de la catalasa

- En un portaobjetos limpio se colocó una colonia pura de la bacteria a analizar.
- Se añadió una gota de peróxido de hidrógeno sobre la colonia.
- En aquellos casos que presentaron efervescencia o burbujeo fueron considerados como positivos.

3.6.7.3. Prueba de la coagulasa

- Se tomó un inóculo de la bacteria a identificar y se mezcló en un tubo de ensayo con plasma.
- Se dejó incubar el tubo de ensayo a 37 °C durante 4 h a 12 h y se procedió a su lectura.
- En aquellos casos positivos el plasma se volvió gelatinoso con poca movilidad (Coagulado).

3.6.7.4. Prueba de sensibilidad a novobiocina

- Se prepararon placas de agar Mueller en dependencia de las bacterias a estudiar.
- Se realizó la siembra de la bacteria con ayuda de la escala MacFarland 0.5 y de un isopo estéril.
- Cuando se finalizó de realizar la siembra se procedió a dejar secar ligeramente la placa con el microorganismo.
- Una vez que la placa se encontraba más seca se colocó el disco de novobiocina en el centro de esta.
- Se dejó incubar la placa a 37 °C durante 24 horas, y se evaluó si existió la presencia de resistencia o sensibilidad a dicho antibiótico.

3.6.8. Pruebas de susceptibilidad mediante el método Kirby Bauer

Tabla 3-19: Equipos, reactivos y materiales para pruebas de susceptibilidad por Kirby Bauer

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Balanza analítica • Vortex 	<ul style="list-style-type: none"> • Agar Mueller Hinton • Estándar 0.5 McFarland • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Asa bacteriológica • Mechero de alcohol • Discos de antibiograma (Oxacilina, Trimetoprim Sulfametoxazol, Gentamicina, Azitromicina, Penicilina, Levofloxacina, Novobiocina)

		• Placas petri
--	--	----------------

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se investigó los antibióticos sugeridos por el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI) para probar la sensibilidad de los microorganismos identificados.
- Se preparó el Agar Mueller en dependencia de las bacterias que hayan sido identificadas, utilizando una placa Petri sola para cada bacteria.
- Se preparó tubos de turbidez adecuada según el estándar 0,5 McFarland para cada colonia a analizar.
- Se sembró con ayuda de un hisopo estéril la colonia sobre toda la superficie del agar Mueller.
- Una vez terminada la siembra y con la placa completamente seca se colocaron los discos con antibiótico.
- Se dejó incubar las placas durante 24 horas a 37 °C.
- Transcurrido este tiempo se procedió a realizar la medición del halo en caso de haberlo para evaluar la resistencia del microorganismo estudiado. En aquellos antibióticos en los que no existió halo se tomó como medida de 6 mm ya que esta medida es el área del disco de antibiograma.

3.6.9. Determinación de enzimas BLEE por método de Jarlier

Tabla 3-20: Equipos, reactivos y materiales para determinar BLEE por método de Jarlier

Equipo	Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Autoclave • Cámara de flujo laminar • Incubadora • Balanza analítica • Vortex 	<ul style="list-style-type: none"> • Agar Mueller Hinton • Estándar 0.5 McFarland • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Matraz Erlenmeyer • Probeta • Asa bacteriológica • Mechero de alcohol • Discos de antibiograma (Cefepime, Aztreonam, Ceftazidima, Ceftriaxona, (Amoxicilina/Ácido clavulánico)) • Placas petri

Realizado por: Pérez M., 2024

- Se preparó el Agar Mueller en dependencia de las bacterias que hayan sido identificadas, utilizando una placa Petri sola para cada bacteria.
- Se preparó tubos de turbidez adecuada según el estándar 0,5 McFarland para cada colonia a analizar.
- Se sembró con ayuda de un hisopo estéril la colonia sobre toda la superficie del agar Mueller.

- Una vez terminada la siembra y con la placa completamente seca se colocaron los discos con antibiótico de manera tal en la que Amoxicilina/Ácido clavulánico quedo en el centro de la placa y cada uno de los siguientes discos se colocaron a 25 mm de este, aztreonam arriba, cefepime a la derecha, ceftazidima a la izquierda y ceftriaxona abajo.
- Se dejó incubar las placas durante 24 horas a 37 °C.
- Transcurrido este tiempo se procedió a realizar la medición del halo en caso de haberlo para evaluar la resistencia del microorganismo estudiado. En aquellos antibióticos en los que no existió halo se tomó como medida de 6 mm ya que esta medida es el área del disco de antibiograma.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Muestreo de las vertientes y suministro de agua en la parroquia Punín según lo establecido en las normas NTE INEN 1 105:2012 y NTE INEN 2169:2013.

Los puntos marcados en la imagen satelital son aquellos de los cuales se realizó el análisis según los requerimientos de la población y la tenencia política de la zona. Cada uno de los puntos fue muestreado bajo su respectivo procedimiento establecido en la norma INEN 1105, ya que son muestras de agua que provienen de diferentes fuentes que van desde las vertientes naturales, pasando por los tanques de almacenamiento y su llegada a las viviendas de la población.



Ilustración 4-1: Imagen satelital con la localización aproximada de los puntos de muestreo

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2. Análisis físico-químico y microbiológico del agua de las vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín según la norma NTE INEN 1 108:2020.

4.2.1. Análisis físico-químico.

A continuación se presenta el análisis fisicoquímico:

Tabla 4-1: Análisis físico-químico: COLOR

Parámetro	Valor de referencia NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
COLOR	15 (Pt-Co)	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	16	15	4	11.67	6.66	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	3	4	3	3.33	0.58	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	11	8	10	9.67	1.53	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	8	10	8	8.67	1.15	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	43	38	39	40.00	2.65	No cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	2	2	9	4.33	4.04	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	9	10	13	10.67	2.08	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	2	10	12	8.00	5.29	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	7	7	8	7.33	0.58	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	5	20	24	16.33	10.02	No cumple
		Vivienda del centro de Punín.	4	23	26	17.67	11.93	No cumple
TOTAL					12.52	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-2: Análisis físico-químico: COLOR según la normativa NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>15 (Pt-Co)	8	24
<15 (Pt-Co)	25	76
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.2. Análisis y discusión de resultados obtenidos en color.

Dentro de la evaluación del color como parámetro de calidad del agua se observó que la mayoría de los puntos analizados cumplen con el límite permitido, sin embargo, existieron 3 puntos los cuales no llegaron a cumplir con este parámetro (Shaguil P3, baños Públicos del centro de Punín, y la vivienda del centro de Punín). El hecho de que estos puntos hayan presentado valores elevados de Pt-Co indica que las muestras presentaron contaminación por materia orgánica e inorgánica, y esta puede ser debido a la presencia de bacterias, metales pesados o compuestos químicos.

En un estudio realizado por un investigador donde se estudiaron muestras de aguas residuales/domésticas, presentaron valores de Pt-Co por encima de 15, fueron debido a contaminación por coliformes fecales, o que se encontraban contaminados por materia inorgánica. En el estudio realizado en Punín de manera similar se identificó que en el Punto Shaguil P3 la presencia de coliformes fecales fue elevada, lo cual podría explicar el Pt-Co elevado en este punto. Mientras que en los puntos: Baños Públicos del centro de Punín y Vivienda del centro de Punín. Se identificó principalmente la presencia de plomo, materia inorgánica contaminante de alta importancia. Por lo que ambos estudios poseen correlación en base a la contaminación orgánica e inorgánica encontrada en los análisis (Cañete 2019, p.17).

Tabla 4-3: Análisis físico-químico: TURBIEDAD

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Turbiedad	5 NTU	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	0.32	0.02	0.03	0.12	0.17	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorrall	0.08	0.57	0.61	0.42	0.30	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	0.06	0.23	0.17	0.15	0.09	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	1.04	1.10	0.98	1.04	0.06	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	1.04	1.02	1.10	1.05	0.04	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	0.35	0.18	0.04	0.19	0.16	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	0.3	1.03	0.95	0.76	0.40	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	0.23	1.20	1.46	0.96	0.65	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	0.6	1.10	1.48	1.06	0.44	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	0.35	0.70	1.39	0.81	0.53	Si cumple
		Vivienda del centro de Punín.	0.32	0.63	1.76	0.90	0.76	Si cumple
		TOTAL					0.68	-

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-4: Análisis físico-químico: TURBIEDAD, según la NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>5 NTU	0	0
<5 NTU	33	100
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.3. Análisis y discusión de resultados obtenidos en turbiedad.

El análisis de turbiedad en las muestras de agua analizadas fue satisfactorio en base a la normativa nte inen 1108, pues todas las muestras de agua cumplieron con el estándar establecido, sin embargo, la OMS en las guías establecidas para evaluar la calidad de agua de consumo indica que aquellas aguas destinadas a un gran abastecimiento deberían tener un valor de turbidez menor a 0.5 NTU antes de pasar por un proceso de desinfección y comúnmente deberían poseer una turbidez de 0.2 NTU o menor. Por lo tanto, al basarnos en esta información se podría decir que los puntos: Vertiente Natural: Shaguil P2, Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3, Vertiente Natural: Guantugico, Tanque de Almacenamiento: Chuculnag, Tanque de Almacenamiento: Bacún, Baños Públicos del centro de Punín y Vivienda del centro de Punín. No cumplen con el valor establecido por la OMS.

Sin embargo, esto aplica únicamente para puntos de gran distribución de agua, y los puntos estudiados fueron puntos de distribución pequeños, teniendo como máximo los tanques de almacenamiento de agua. Por lo tanto, la OMS explica que aquellos puntos con menor distribución o cuyos recursos son limitados puede que no cumplan con este estándar de turbidez y no necesariamente tendrán un impacto en la salud de las personas, pero que cualquier análisis de turbidez inesperado deberá ser investigado mediante otro tipo de análisis para corroborar que no se traten de agentes contaminantes perjudiciales para la salud.

Tabla 4-5: Análisis físico-químico: Olor

Parámetro	Valor de referencia	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3	
Olor	No objetable	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No objetable
		Vertiente Natural: Guagracorral	Lodoso	Lodoso	Lodoso	No objetable

		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No objetable
		Vertiente Natural: Shaguil P2	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	Lodoso	Lodoso	Lodoso	No objetable
		Vertiente Natural: Calispoglio	Mohoso	Mohoso	Mohoso	No objetable
		Vertiente Natural: Guantuguico	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	Lodoso	Lodoso	Lodoso	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	Inodoro	Inodoro	Inodoro	No objetable
		Baños Públicos del centro de Punín	Ligeramente metálico	Ligeramente metálico	Ligeramente metálico	No objetable
		Vivienda del centro de Punín.	Ligeramente metálico	Ligeramente metálico	Ligeramente metálico	No objetable

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.4. Análisis y discusión de resultados obtenidos en OLOR

Los investigadores explican que el olor presente en las muestras de agua puede ser un indicador valioso de su calidad y grado de contaminación. Aunque el agua en su estado puro es inodora e insípida, la presencia de olores distintivos puede señalar la existencia de contaminantes o condiciones ambientales específicas. Cuando el agua presenta olores desagradables, como un olor lodoso, esto a menudo indica la presencia de materia orgánica en descomposición. En lugares como vertientes, donde el agua fluye constantemente, puede arrastrar consigo restos orgánicos, creando un olor característico. Este fenómeno resalta la importancia de la ubicación geográfica y la influencia de los entornos circundantes en la calidad del agua (Larrea et al. 2022, pp: 148-159).

En el caso de vertientes con un olor mohoso, la humedad constante de estas áreas, combinada con la presencia de flora cercana, puede contribuir a la proliferación de hongos y bacterias que generan dicho olor. La conexión entre la humedad ambiental y el desarrollo de olores específicos subraya la complejidad de los factores ambientales en la evaluación de la calidad del agua. El olor

ligeramente metálico detectado en baños públicos y en la vivienda puede ser un indicador preocupante de la presencia de corrosión en las tuberías que suministran agua.

Este fenómeno como explican los investigadores que se debe a la liberación de materiales metálicos de las tuberías al agua potable, lo que no sólo afecta la calidad del agua, sino que también puede plantear problemas de salud y de integridad de las instalaciones hidráulicas. La corrosión de las tuberías es un proceso natural que ocurre cuando los materiales metálicos entran en contacto con el agua. En el caso del olor metálico, esto puede deberse a la liberación de metales, como hierro o manganeso, de las tuberías corroídas. Estos elementos, al disolverse en el agua, pueden impartir un sabor y olor metálico característico, afectando la calidad del agua que consumimos. Es fundamental destacar que la detección de olores no solo revela la posible contaminación presente en el agua, sino que también ofrece pistas sobre las condiciones ambientales locales. Los olores no solo sirven como indicadores de contaminación directa, sino que también reflejan la interacción dinámica entre el agua y su entorno (De Sousa et al. 2017, p.1).

Tabla 4-6: Análisis físico-químico: Temperatura

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Temperatura	No objetable °C	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	18	15	14	15.67	2.08	No objetable
		Vertiente Natural: Guagracorrall	18	17	16	17.00	1.00	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	17	16	14	15.67	1.53	No objetable
		Vertiente Natural: Shaguil P2	17	15	14	15.33	1.53	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	16	17	15	16.00	1.00	No objetable
		Vertiente Natural: Calispoglio	16	18	15	16.33	1.53	No objetable
		Vertiente Natural: Guantuguico	15	16	16	15.67	0.58	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	16	14	17	15.67	1.53	No objetable
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	17	16	14	15.67	1.53	No objetable
		Baños Públicos del centro de Punín	20	18	18	18.67	1.15	No objetable
		Vivienda del centro de Punín.	20	18	18	18.67	1.15	No objetable
TOTAL					16.39	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.5. Análisis y discusión de resultados obtenidos en Temperatura

La temperatura del agua no es un parámetro de gran importancia en los análisis, pues esta puede variar en dependencia de diversos factores, como el clima en días previos, actividades cercanas a la zona, estaciones del año, entre otras causas, sin embargo, el análisis de este parámetro nos ayuda a evaluar en qué condiciones se realizó el muestreo, además de que temperaturas idóneas promueven la proliferación de bacterias en el agua. El grupo de coliformes fecales son considerados como termotolerantes, debido a las cualidades que este tipo de bacterias presentan para sobrevivir en temperaturas de hasta 45 °C. Por otra parte, cuando las bacterias no se encuentran en las condiciones óptimas para su crecimiento estas pueden entrar en un estadio de latencia el cual reduce su actividad metabólica y ayuda que las bacterias se puedan mantener vivas hasta encontrar un entorno más favorable para su crecimiento. En el caso de la normativa INEN esta no establece un rango de temperatura adecuado para el agua en su zona natural, pues tampoco se puede manipular la temperatura del ambiente. Por lo que no es objetable para los análisis según la norma (Olivas et al. 2013, p.167).

Tabla 4-7: Análisis físico-químico: pH

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
pH	6.5-8.0	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	6.32	6.24	7.3	6.62	0.59	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	6.09	6.70	7.46	6.75	0.69	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	6.07	6.33	7.18	6.53	0.58	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	6.10	6.74	6.90	6.58	0.42	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	6.22	6.50	6.86	6.53	0.32	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	7.60	7.34	7.27	7.40	0.17	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	7.64	7.22	7.97	7.61	0.38	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	7.65	7.23	7.32	7.40	0.22	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	7.69	7.10	7.28	7.36	0.30	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	7.75	7.70	7.81	7.75	0.06	Si cumple
Vivienda del centro de Punín.	7.72	7.53	7.88	7.71	0.18	Si cumple		
TOTAL					7.11	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-8: Análisis físico-químico: pH, según la normativa NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>8.0	0	0
6.5-8.0	33	100
<6.5	0	0
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.6. Análisis y discusión de resultados obtenidos en pH.

La evaluación del pH en las muestras analizadas en Punín reveló que todas estaban dentro de los límites establecidos, aunque algunos puntos se acercaban al límite máximo. El pH del agua es un indicador crucial, ya que puede influir en la corrosión de las tuberías. Aguas ácidas pueden disolver metales como plomo, cobre y zinc, según señala (Pérez López , 2016). En los puntos estudiados, Baños Públicos del centro de Punín y la vivienda del centro de Punín, el pH se encontraba muy cercano al límite superior permitido. Curiosamente, en estos mismos puntos se encontró la presencia de plomo por encima del nivel permitido, lo que sugiere una posible asociación entre la acidez del agua y la presencia de este metal. Este hallazgo resalta la importancia de monitorear tanto el pH como la presencia de metales en el agua, ya que pueden estar interrelacionados y tener impactos significativos en la calidad del agua y en la salud pública. Es esencial continuar investigando esta relación para comprender mejor cómo afecta la calidad del agua y cómo se pueden implementar medidas adecuadas de control y mitigación.

Tabla 4-9: Análisis físico-químico: CONDUCTIVIDAD

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Conductividad	1500 uS/cm	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	674	673	658	668.33	8.96	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	596	633	748	659.00	79.27	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	327	423	530	426.67	101.55	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	318	418	496	410.67	89.23	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	311	308	340	319.67	17.67	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	286	270	304	286.67	17.01	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	352	348	330	343.33	11.72	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	318	310	329	319.00	9.54	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	310	322	291	307.67	15.63	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	382	356	374	370.67	13.32	Si cumple
		Vivienda del centro de Punín.	383	357	380	373.33	14.22	Si cumple
TOTAL					407.73	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-10: Análisis físico-químico: CONDUCTIVIDAD, según la normativa NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>1500 uS/cm	0	0
<1500 uS/cm	33	100
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.7. Análisis y discusión de resultados obtenidos en conductividad.

En el estudio de conductividad realizado en las muestras de agua en Punín se observó que todos los puntos de distribución de agua cumplen con los estándares establecidos, los investigadores explican que la conductividad del agua sirve como un indicador crucial de la concentración de sales minerales presentes en la disolución (Solís 2019, p.36).

Esto se debe a que estas sales son capaces de generar iones que facilitan el transporte de corriente eléctrica a través del agua. Además, se señala que la temperatura del agua desempeña un papel importante en este proceso, ya que influye en la solubilidad de las sales en el agua. Por lo tanto, existe una relación directa entre la temperatura del agua y su conductividad. Dentro del estudio realizado por estos investigadores se observó que la conductividad de las muestras de agua tomadas en pozos oscilo entre 50 hasta 549 uS/cm y para las vertientes de agua fue de 25 hasta 499 uS/cm, de manera similar en el estudio realizado en Punín se observó como las muestras de agua de los tanques de almacenamiento oscilaban entre 300 uS/cm, sin embargo en las vertientes se encontraron valores diferentes a los del estudio comparativo, pues las vertientes naturales presentaron mayores niveles de conductividad lo cual podría ser un indicador de sales o minerales presentes en estos puntos. La alta conductividad observada en las vertientes podría indicar la presencia de sales disueltas en el agua, lo que podría afectar su potabilidad y requerir medidas adicionales de tratamiento o monitoreo, si bien las vertientes se encuentran con valores de conductividad dentro del estándar establecido no sucede lo mismo a comparación de la conductividad evaluada en otros estudios lo cual podría ser un indicador de que el agua no se encuentra en su estado óptimo.

Tabla 4-11: Análisis físico-químico: SÓLIDOS TOTALES

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Sólidos totales	1000 mg/L	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	540	900	469	636.33	231.09	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorrall	476	910	864	750.00	238.40	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	262	300	270	277.33	20.03	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	250	243	321	271.33	43.15	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	250	273	260	261.00	11.53	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	226	500	540	422.00	170.92	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	281	322	720	441.00	242.49	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	255	580	830	555.00	288.31	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	248	555	320	374.33	160.55	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	306	800	400	502.00	262.32	Si cumple
		Vivienda del centro de Punín.	305	531	780	538.67	237.59	Si cumple
TOTAL					457.18	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-12: Análisis físico-químico: SÓLIDOS TOTALES, según normativa NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>1000 mg/L	0	0
<1000 mg/L	33	100
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.8. Análisis y discusión de resultados obtenidos en sólidos totales

En el análisis de sólidos totales en las muestras de agua en Punín se observó el cumplimiento de los niveles de acuerdo con el estándar establecido en todos los puntos estudiados, los investigadores indican que los sólidos totales disueltos se encuentran en los análisis de agua ya que por su pequeño tamaño son capaces de atravesar los filtros de agua y que dentro de estos se pueden encontrar constituyentes iónicos como magnesio, calcio, sodio y cloro (Adjovu et al. 2019, p.10). Además, una mayor concentración de sólidos totales puede derivar en una mayor conductividad. Por otra parte, estos sólidos totales también pueden ser generados por materia orgánica durante procesos de crecimiento o descomposición de materia biológica como plantas, raíces y bacterias.

En el caso del estudio en Punín si bien todos los puntos se encuentran dentro del rango establecido de sólidos totales, si se observó como algunos puntos se encuentran cercanos al límite superior establecido lo cual podría ser un indicador de que estos puntos se encuentran con presencia de constituyentes iónicos o también esto puede deberse a la cercanía de los puntos con la flora natural presente en las zonas, ya que se encuentran con gran presencia de materia biológica a su alrededor que pasa por procesos de crecimiento y descomposición continuamente.

Tabla 4-13: Análisis físico-químico: CLORO RESIDUAL

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Cloro residual	0,3 - 1,5 mg/L	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Guagracorral	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Shaguil P2	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Calispoglio	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Guantuguico	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	-	-	-	0	0	-
		Baños Públicos del centro de Punín	0.17	0.70	0.78	0.55	0.33	Si cumple
		Vivienda del centro de Punín.	0.2	0.76	0.8	0.59	0.34	Si cumple
TOTAL					0.57	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-14: Análisis físico-químico: CLORO RESIDUAL, según NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>1,5 mg/L	0	0
0,3 - 1,5 mg/L	4	67
<0,3 mg/L	2	33
TOTAL	6	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.9. Análisis y discusión de resultados obtenidos en cloro residual

En el caso del estudio de cloro residual en las muestras de agua en Punín, únicamente se evaluó este parámetro en aquellos puntos que se realizaban cloración, pues el realizar este estudio en otro tipo de puntos no hubiera tenido resultado alguno ya que el cloro no se encuentra de manera natural en el agua. Es por ello por lo que únicamente se hizo el estudio de este parámetro en los puntos de: Baños Públicos del centro de Punín y en la Vivienda del centro de Punín. Donde se observó como a través del tiempo no se realizó un adecuado tratamiento de las aguas inicialmente, pues en el primer análisis los niveles de cloro se encontraban por debajo del estándar establecido, lo cual se vio reflejado en el estudio de coliformes fecales, pues al no existir un tratamiento adecuado existió la presencia de estas bacterias. En el transcurso de los siguientes 2 muestreos se observó cómo se realizó el tratamiento adecuado de las aguas que llegaban a ser distribuidas al centro de la comunidad, por lo cual los niveles de cloro residual encontrados estaban dentro de los límites establecidos y de manera similar ya no se contó con la presencia de coliformes fecales en las muestras de agua.

Los investigadores explican que realizar la cloración de las aguas tiene como finalidad desinfectar las mismas de bacterias, aunque esto llega a depender de varios factores tales como: cantidad de bacteria acumulada, dosis de cloro, concentración de cloro y la demanda de cloro en base a la formación de biopelículas bacterianas (Zúñiga et al. 2019, p.86). Por lo tanto, al realizar una cloración adecuada se eliminan las bacterias patógenas y se ofrece una mejor calidad de agua. En el estudio realizado en Punín si bien en los últimos dos análisis no existió la presencia de coliformes fecales si existió presencia de otras bacterias como *Staphylococcus epidermidis*, lo cual indica que la cloración es adecuada pero aún se debería llegar a una concentración de cloro residual más elevada, pues puede existir la formación de biopelículas en las tuberías por parte de esta bacteria lo cual está haciendo que el tratamiento con cloro sea inefectivo para eliminar dicha bacteria.

Tabla 4-15: Análisis físico-químico: NITRATOS

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Nitratos	50 mg/L	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	M1 <0.026	M2 0.13	M3 0.16	0.15	0.02	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	0.07	0.02	0.034	0.04	0.03	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	0.18	0.15	0.17	0.17	0.02	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	0.14	0.10	0.11	0.12	0.02	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	0.12	0.13	0.15	0.13	0.02	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	0.16	0.164	0.13	0.15	0.02	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	0.15	0.14	0.11	0.13	0.02	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	8.82	0.823	0.32	3.32	4.77	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	0.21	0.22	0.27	0.23	0.03	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	0.11	0.12	0.17	0.13	0.03	Si cumple
Vivienda del centro de Punín.	0.27	0.26	0.23	0.25	0.02	Si cumple		
TOTAL						0.44	-	

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-16: Análisis físico-químico: NITRATOS, según NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>50 mg/L	0	0
<50 mg/L	33	100
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.10. Análisis y discusión de resultados obtenidos en nitratos

En la evaluación de los niveles de nitratos en los diversos puntos de agua muestreados en Punín, se constató que todos estos puntos cumplían con los estándares establecidos, y, además, los valores encontrados fueron notablemente bajos. Este resultado es satisfactorio y sugiere que el agua en la región no presenta contaminación significativa por nitratos. Los investigadores explican que la evaluación de los niveles de nitratos en el agua es de gran importancia debido a su impacto en la toxicidad del agua. Los nitratos están relacionados con la formación de compuestos como nitritos y N-nitrosos, los cuales pueden representar riesgos para la salud, especialmente en bebés y lactantes, ya que pueden causar metahemoglobinemia, una afección grave que afecta la capacidad de la sangre para transportar oxígeno. El hecho de que los niveles de nitratos en el agua de Punín sean bajos y cumplan con los estándares establecidos es una excelente noticia para la comunidad local y los usuarios del sistema de agua potable. Indica que el agua en la comunidad no contiene cantidades significativas de estos compuestos potencialmente perjudiciales y, por lo tanto, no representa un riesgo inmediato para la salud humana (Vitoria et al. 2015, p.217).

Tabla 4-17: Análisis físico-químico: NITRITOS

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Nitritos	3,0 mg/L	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	0.001	0.001	0.002	0.00	0.00	Si cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	0.001	0.002	0.005	0.00	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	0	0.001	0.001	0.00	0.00	Si cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	0.004	0.001	0.002	0.00	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	0.005	0.002	0.002	0.00	0.00	Si cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	0.001	0.002	0.009	0.00	0.00	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	0.009	0.007	0.006	0.01	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	0.002	0.002	0.004	0.00	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	0.001	0.002	0.001	0.00	0.00	Si cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	0	0.001	0.002	0.00	0.00	Si cumple
		Vivienda del centro de Punín.	0	0.001	0.003	0.00	0.00	Si cumple
TOTAL					0	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-18: Análisis físico-químico: NITRITOS según NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>3,0 mg/L	0	0
<3,0 mg/L	33	100
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.11. Análisis y discusión de resultados obtenidos en nitritos.

En el estudio de los nitritos en las muestras de agua de la parroquia Punín se evidenció como las concentraciones de este compuesto eran muy bajas, por lo tanto, los puntos analizados contaban con concentraciones de estos compuestos dentro del límite establecido.

Los investigadores indican que la presencia de nitritos en muestras de agua se debe al uso excesivo de fertilizantes en zonas aledañas. En el caso de las muestras analizadas en Punín, si bien algunos de los puntos estudiados se encuentran cercanos a zonas de agricultura es probable que el uso de fertilizantes o abonos sea limitado o escaso, de manera tal en la que la concentración de nitritos en las muestras estudiadas es baja (Bolaños et al. 2017, p.2).

Por otra parte, los investigadores indican que bacterias como *Pseudomonas*, *Paracoccus*, y *Bacillus* son capaces de metabolizar los nitratos y reducirlos a nitritos, los cuales posteriormente son liberados al medio ambiente en forma de óxido nitroso, dentro del grupo coliforme destaca la capacidad que poseen ciertas cepas de *Klebsiella* para metabolizar los nitratos en condiciones adecuadas. Por lo tanto, en ambientes ricos en nitratos, ciertas bacterias desnitrificantes son capaces de proliferar y multiplicarse de manera significativa. En el estudio en Punín al encontrarse pequeñas cantidades de nitratos y nitritos se observó una baja presencia de bacterias desnitrificantes (Madigan 2019, p.1).

Tabla 4-19: Análisis físico-químico: PLOMO

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Plomo	0,01 mg/L	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Guagracorrall	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Shaguil P2	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Calispoglio	-	-	-	0	0	-
		Vertiente Natural: Guantuguico	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	-	-	-	0	0	-
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	-	-	-	0	0	-
		Baños Públicos del centro de Punín	0.022	0.092	0.096	0.07	0.04	No cumple
		Vivienda del centro de Punín.	0.023	0.093	0.096	0.07	0.04	No cumple
		TOTAL					0.07	-

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-20: Análisis físico-químico: PLOMO, según NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>0,01 mg/L	6	100
<0,01 mg/L	0	0
TOTAL	6	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.2.12. Análisis y discusión de resultados obtenidos en análisis de plomo.

El estudio de Plomo en las muestras de agua fue únicamente realizado en los puntos en los cuales se tenía la sospecha de que se encontrase este metal pesado, es por ello por lo que esta evaluación se realizó únicamente en los puntos que contaban con tubería metálica para la distribución de agua a la población, tal es el caso de los puntos: Baños Públicos del centro de Punín y la vivienda del centro de Punín. Al evaluar este parámetro en ambos puntos se identificó la presencia de este metal pesado por encima de los valores establecidos por la norma, por lo cual no cumplieron con la evaluación y se trata de un indicador de alta contaminación en el agua que llega a ser consumida por la población.

En un estudio realizado por los investigadores explica que el consumo de este compuesto produce efectos negativos en la salud de las personas ocasionando principalmente daño neurológico, además explican que la presencia de este compuesto en agua se debe a un mal tratamiento de las zonas de distribución de agua así como el tratamiento o reemplazo de las tuberías ya que principalmente las concentraciones de este metal se deben por corrosión de las tuberías que transportan agua lo cual produce la acumulación de este y otro tipo de metales en el agua (Santucci 2020, p.2231).

En el caso de Punín se podría decir que la presencia de este compuesto es debido a la corrosión de las tuberías pues estas no han sido limpiadas o cambiadas desde su primera instalación y través del tiempo están pueden haberse desgastado y en la actualidad se encuentran liberando parte de los metales en las muestras de agua. La OMS en el año 2022 explicó que el consumo de plomo afecta a la salud de los seres vivos ya que este se acumula en el organismo y produce daños en severos en el cerebro, hígado, riñones y huesos. La gravedad radica en el consumo de este metal por parte de los niños ya que al existir un grado de intoxicación elevado produce daños graves en el sistema nervioso central, ocasionando coma, convulsiones y la muerte del individuo. También puede ocasionar secuelas permanentes como discapacidades y trastornos ya que disminuye el desarrollo correcto del cerebro. En el caso del consumo de esta agua en Punín se trata de un problema que debe ser tratado de inmediato ya que el consumo prolongado de esta agua puede llegar a producir daños graves en los habitantes de dicha zona.

4.3. Análisis microbiológico

Tabla 4-21: Análisis microbiológico: COLIFORMES FECALES

Parámetro	Valor de referencia establecido según la norma NTE INEN 1108	Sitio en el que se realizó el muestreo	Muestreo			Promedio \bar{X}	Desviación σ	Cumplimiento del parámetro establecido
			M1	M2	M3			
Coliformes fecales: Tubos múltiples NMP/100 ml	Ausencia	Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	6.8	9.2	6.1	7.37	1.63	No cumple
		Vertiente Natural: Guagracorral	6.8	8.2	6.0	7.00	1.11	No cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	13	11	11	11.67	1.15	No cumple
		Vertiente Natural: Shaguil P2	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0.00	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	79	70	63	70.67	8.02	No cumple
		Vertiente Natural: Calispoglio	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0.00	0.00	Si cumple
		Vertiente Natural: Guantuguico	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0.00	0.00	Si cumple
		Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	4	3.7	5.5	4.40	0.96	No cumple
		Tanque de Almacenamiento: Bacún	3.7	3.6	1.8	3.03	1.07	No cumple
		Baños Públicos del centro de Punín	12	Ausencia	Ausencia	4.00	6.93	No cumple
		Vivienda del centro de Punín.	30	Ausencia	Ausencia	10.00	17.32	No cumple
TOTAL					9.85	-		

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-22: Análisis microbiológico: COLIFORMES FECALES, según NTE INEN 1108

Referencia	Muestras analizadas	Porcentaje (%)
>0	20	61
<0	13	39
TOTAL	33	100

Realizado por: Pérez M., 2024

4.3.1. Análisis y discusión de resultados obtenidos en Coliformes fecales.

La norma INEN 1108 establece que el agua no debe tener presencia de coliformes fecales, sin embargo, en los resultados obtenidos se puede apreciar como diversos puntos no cumplen con lo establecido ya que si se encuentran contaminados por este grupo de bacterias. Los puntos que no llegan a cumplir con lo establecido son: Tanque de Almacenamiento: Agua Azul, Vertiente Natural: Guagracorral, Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1, Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3, Tanque de Almacenamiento: Chuculnag, Tanque de Almacenamiento: Bacún. Estos puntos se encuentran contaminados con este grupo de bacterias que son patógenas para la salud de los seres vivos, esto debido a que en su mayoría los puntos como las vertientes y los tanques de almacenamiento son puntos alejados de la población y de la parroquia, además de su difícil acceso, lo cual dificulta que estos puntos se puedan mantener limpios constantemente.

Otra causa importante de contaminación son las zonas ganaderas que se encuentran en las proximidades de los puntos, lo cual promueve la contaminación en el agua debido a la producción de desechos. El impacto generado por las zonas ganaderas promueve las enfermedades humanas, ya que el agua contaminada con estiércol de animales produce contaminación con bacterias patógenas en el agua que posteriormente puede ser utilizada por el ser humano, principalmente debido a la infección por *Escherichia coli*, la cual produce problemas gastrointestinales, infecciones del tracto urinario, infecciones sanguíneas, respiratorias e inclusive puede producir meningitis en recién nacidos. Esta contaminación puede ser producida por escurrimientos de la zona ganadera, infiltraciones, pastoreo, tierras de cultivo, etc (Rodríguez et al. 2012, p.359).

Por otra parte, los investigadores en un estudio de calidad microbiológica en aguas cercanas a sectores agrícolas demuestran que una de las principales causas de contaminación en el agua es la cercanía a los lugares destinados a la alimentación y bebida del ganado, pozos purineros, fosas sépticas u otro tipo de estructuras empleadas en la ganadería. Por lo que ambos estudios sugieren que la contaminación producida por este grupo de bacterias es causada principalmente por las zonas ganaderas aledañas, además de que confirman el hecho de que los puntos contaminados en este estudio posean este tipo de contaminación debido a estas problemáticas. Pues en varios

puntos analizados de la parroquia Punín se observa actividad agrícola y agropecuaria (Valenzuela et al. 2012, p. 628).

Mientras que aquellos puntos que no muestran contaminación fueron aquellos que no tenían este tipo de actividades en sus cercanías por lo que no existía una fuente de contaminación directa. En el caso del agua que llega a las viviendas y a los baños públicos se observa que en el primer análisis existía la presencia de este grupo de bacterias, mientras que en los 2 consiguientes análisis ya no se presentó esta contaminación, esto ocurre debido al tratamiento que fue dado a cargo de las autoridades competentes para el tratamiento del agua en los puntos previos a su distribución a la población de la zona. Mientras que los puntos lejanos como tanques de almacenamiento y vertientes mantienen su contaminación ya que no se ha tomado ninguna medida adecuada para solucionar esta problemática.

La presencia de este grupo de bacterias patógenas es capaz de generar enfermedades gastrointestinales afectando a la salud de la población causando fiebres, diarreas, vómitos, calambres, náuseas, etc (Freire 2021, p.477).

4.4. Asilamiento de otras bacterias patógenas presentes en el agua de vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín

Tabla 4-23: Análisis microbiológico: Aislamiento de los microorganismos

Sitio en el que se realizó el muestreo	Microorganismo aislado
Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i>
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Vertiente Natural: Guagracorral	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Klebsiella oxytoca</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i>
Vertiente Natural: Shaguil P2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Klebsiella oxytoca</i>
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i>

Vertiente Natural: Calispoglio	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Vertiente Natural: Guantuguico	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Tanque de Almacenamiento: Bacún	<i>Escherichia coli</i>
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Baños Públicos del centro de Punín	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
Vivienda del centro de Punín.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>

Realizado por: Pérez M., 2024

4.4.1. Análisis y discusión de resultados obtenidos en el aislamiento de los microorganismos

En el aislamiento de los microorganismos se pueden evidenciar diferentes resultados principalmente aquellos puntos que tuvieron en última instancia presencia de coliformes, ya que en estos se observó la presencia de bacterias pertenecientes al grupo coliforme entre ellas: *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* y *Klebsiella pneumoniae*. Se tuvo la certeza de la presencia de estas bacterias mediante pruebas de identificación bioquímicas como: SIM, TSI, Urea, Citrato y LIA.

Estas bacterias según describen los investigadores son bacterias entéricas que principalmente se encuentran en el agua debido a la contaminación producida por desechos de animales o humanos que son provenientes de su tracto gastrointestinal (Tobón 2017, p.237). Además, describen que existen bacterias establecidas como marcadores contaminantes del agua como, por ejemplo: *Escherichia*, *Edwardsiella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, y *Citrobacter*. Sin embargo, se explica que tanto *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, y *Citrobacter* suelen encontrarse en cantidades significativas y no necesariamente representan un peligro para la salud, por otra parte, la presencia de estas bacterias pueden ser el indicador de que en las tuberías de distribución del agua se estén o se encuentren formadas biopelículas de bacterias como *Enterobacter* y *Klebsiella*, ya que estas colonizan de manera rápida cuando se encuentran en presencia de nutrientes, temperaturas idóneas y bajos estándares de desinfección. En el caso del aislamiento de este tipo de bacterias en Punín se encontraron bacterias pertenecientes al género *Klebsiella*, si bien se encontraron únicamente en dos puntos (Shaguil P1 y Shaguil P3) no quita el hecho de que estas bacterias puedan a corto o largo plazo producir infecciones graves en la población debido a la

colonización de las tuberías, principalmente debido a que las tuberías de distribución no han sido limpiadas desde un largo periodo de tiempo.

Las infecciones por este tipo de bacterias pueden ocasionar enfermedades de las vías urinarias o respiratorias ocasionando enfermedades como: neumonía, infecciones vesicales y renales (Brush 2019, p.2).

En el caso de las bacterias gram positivas como: *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. Estas fueron encontradas en la mayoría de los puntos, aunque con mayor frecuencia se evidenció la presencia de *Staphylococcus epidermidis*. Se tuvo la certeza de que se trataban de este tipo de bacterias debido a pruebas bioquímicas para bacterias gram positivas como: Catalasa, Coagulasa, sensibilidad a novobiocina, crecimiento en agar manitol. Tras las pruebas realizadas, se identificaron especies de *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*

Los investigadores en un estudio realizado para evaluar la calidad del agua en piscinas evidenciaron que en todas las muestras analizadas se encontró principalmente y *Staphylococcus epidermidis*, explican que la principal causa de esto es debido a que se trata de una bacteria comúnmente presente en la piel animales y personas (Martínez 2020, p.5).

Lo cual explicaría la razón de la alta presencia de esta bacteria en las muestras de agua analizadas. Por otra parte, los investigadores en un estudio para evidenciar la prevalencia de *Staphylococcus aureus* en aguas de playas recreacionales al noreste de Ohio, confirmaron la presencia de esta bacteria en las muestras analizadas, y evidenciaron una mayor prevalencia en las muestras de agua cercanas en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Thapaliya 2017, p.230). Es decir, aquellas aguas con impurezas o contaminadas por causas naturales, humanas o industriales presentaron una mayor presencia de esta bacteria. Si bien en los análisis realizados en Punín se asiló esta bacteria en 4 puntos diferentes su presencia no fue tan elevada como el caso de *Staphylococcus epidermidis*.

Los CDC en el año 2022 explicaron que al existir infecciones por este tipo de bacterias principalmente ocasionan afecciones a la piel produciendo forúnculos, generalmente este tipo de infecciones no suelen ser de alta gravedad, sin embargo, en casos severos pueden producir infecciones en la sangre, huesos y pulmones, lo que ocasiona problemas en la salud del individuo complicando su estado de salud.

4.5. Identificación de la resistencia bacteriana de las bacterias aisladas mediante el método de Kirby Bauer

Tabla 4-24: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD: enzimas BLEE por método de Jarlier

Sitio en el que se realizó el muestreo	Microorganismo	Antibiótico utilizado y su sensibilidad				
		FEP (Cefepime)	ATM (Aztreonam)	CAZ (Ceftazidima)	CRO (Ceftriaxona)	AMC (Amoxicilina/ Ácido clavulánico)
Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 40 mm	Sensible 41 mm	Sensible 35 mm	Sensible 35 mm	Sensible 25 mm
Vertiente Natural: Guagracorral	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 38 mm	Sensible 40 mm	Sensible 37 mm	Sensible 33 mm	Sensible 24 mm
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 42 mm	Sensible 39 mm	Sensible 38 mm	Sensible 36 mm	Sensible 26 mm
	<i>Klebsiella oxytoca</i>	Sensible 36 mm	Sensible 35 mm	Sensible 32 mm	Sensible 33 mm	Sensible 22 mm
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 39 mm	Sensible 40 mm	Sensible 36 mm	Sensible 35 mm	Sensible 27 mm
	<i>Klebsiella oxytoca</i>	Sensible 35 mm	Sensible 37 mm	Sensible 33 mm	Sensible 35 mm	Sensible 21 mm
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Sensible 38 mm	Sensible 34 mm	Sensible 35 mm	Sensible 32 mm	Sensible 23 mm
Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 42 mm	Sensible 43 mm	Sensible 36 mm	Sensible 37 mm	Sensible 24 mm
Tanque de Almacenamiento: Bacún	<i>Escherichia coli</i>	Sensible 41 mm	Sensible 39 mm	Sensible 34 mm	Sensible 36 mm	Sensible 23 mm

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-25: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD del grupo coliforme, bacterias aisladas

Microorganismo	Total	Referencia	Antibiótico utilizado y su sensibilidad				
			FEP (Cefepime)	ATM (Aztreonam)	CAZ (Ceftazidima)	CRO (Ceftriaxona)	AMC (Amoxicilina/ Ácido clavulánico)
<i>Escherichia coli</i>	6	Sensible	(6) 100 %	(6) 100 %	(6) 100 %	(6) 100 %	(6) 100 %

		Resistente	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%
<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	Sensible	(2) 100 %				
		Resistente	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1	Sensible	(1) 100 %				
		Resistente	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%	(0) 0%

Realizado por: Pérez M., 2024

4.5.1. *Análisis y discusión de resultados obtenidos en Interpretación del antibiograma de los microorganismos del grupo coliforme*

Para las pruebas de antibiograma se siguió lo establecido en las guías del CLSI para identificar sensibilidad o resistencia a los antimicrobianos, para lo cual se utilizaron discos de: Cefepime, Aztreonam, Ceftazidima, Ceftriaxona y Amoxicilina/Ácido clavulánico.

Se utilizaron estos discos para identificar la producción de enzimas BLEE. Ya que los investigadores indican cuatro métodos fenotípicos para la detección de enzimas BLEE, entre ellos el método de Jarlier, El cual se basa en utilizar los discos de antibiograma previamente descritos y que son también autorizados por el CLSI (Lezameta 2010, p.345). En el estudio realizado por Lezameta, se indica que en el caso de formarse el “efecto de huevo, cola de pez o balón de futbol americano”, son positivos para la producción de estas enzimas. En el caso del estudio realizado en las muestras de agua en Punín no se formó ninguna de estas figuras en el antibiograma realizado, sin embargo, el CLSI indica que esto no necesariamente sugiere que las bacterias no son productoras de enzimas BLEE, al contrario, sugieren que cuando la sensibilidad del microorganismo es superior a las zonas límites establecidas se consideran como positivos para la producción de enzimas BLEE ya que existe sinergismo entre los antibióticos utilizados.

Al existir halos de inhibición de por lo menos 21 mm en las muestras analizadas se podría decir que las bacterias aisladas son productoras de enzimas BLEE. La investigadora explica las enzimas BLEE se encuentran principalmente presentes en bacterias como *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, lo que las vuelve capaces de inactivar a grupos de antibióticos como las penicilinas y cefalosporinas (García 2018, p.244).

Los analistas explican que la prueba de sinergia establecida por Jarlier se basa en utilizar amoxicilina junto a un inhibidor de las enzimas β -lactamasas como el ácido clavulánico, y a sus

alrededores discos indicadores que permiten la identificación de estas enzimas (Moreno et al 2017, p.1). De esta forma cuando se observa un sinergismo en la inhibición del microorganismo o un mayor halo de inhibición de este, se dice que la bacteria posee enzimas BLEE ya que la Amoxicilina/ácido clavulánico se encargan de inhibir a estas enzimas presentes en la bacteria lo que permite que los otros antibióticos indicadores utilizados posean un mejor efecto sobre el microorganismo aumentando su rango inhibición. En los análisis realizados en Punín se observó como las bacterias del género *Klebsiella*, presentaban sinergismo entre Amoxicilina/ácido clavulánico junto con cefepime, aztreonam y ceftazidima. Mientras que en *Escherichia coli* se observó sinergismo entre Amoxicilina/ácido clavulánico junto con cefepime, aztreonam y ceftriaxona.

Tabla 4-26: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD en bacterias gram positivas

Sitio en el que se realizó el muestreo	Microorganismo	Antibiótico utilizado y su sensibilidad					
		OX (Oxacilina)	STX (Trimetoprim Sulfametoxazol)	CN (Gentamicina)	AZM (Azitromicina)	P (Penicilina)	LEV (Levofloxacina)
Tanque de Almacenamiento: Agua Azul	<i>Staphylococcus aureus</i>	Resistente 9 mm	Sensible 38 mm	Sensible 35 mm	Resistente 6 mm	Sensible 30 mm	Sensible 40 mm
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 6 mm	Sensible 42 mm	Sensible 25 mm	Sensible 30 mm	Sensible 29 mm	Sensible 40 mm
Vertiente Natural: Guagracorral	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 13 mm	Sensible 42 mm	Sensible 30 mm	Sensible 38 mm	Sensible 41 mm	Sensible 40 mm
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P1	<i>Staphylococcus aureus</i>	Resistente 6 mm	Sensible 40 mm	Sensible 30 mm	Resistente 12 mm	Resistente 12 mm	Sensible 41 mm
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 6 mm	Sensible 50 mm	Sensible 28 mm	Sensible 30 mm	Sensible 35 mm	Sensible 44 mm
Vertiente Natural: Shaguil P2	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 12 mm	Sensible 42 mm	Sensible 32 mm	Sensible 30 mm	Sensible 42 mm	Sensible 40 mm
Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3	<i>Staphylococcus aureus</i>	Resistente 7 mm	Sensible 32 mm	Sensible 37 mm	Resistente 8 mm	Sensible 29 mm	Sensible 38 mm
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 6 mm	Sensible 39 mm	Sensible 27 mm	Sensible 32 mm	Resistente 28 mm	Sensible 42 mm
Vertiente Natural: Calispoglio	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 8 mm	Sensible 46 mm	Sensible 32 mm	Sensible 29 mm	Sensible 36 mm	Sensible 40 mm

Vertiente Natural: Guantuguico	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 10 mm	Sensible 26 mm	Sensible 32 mm	Sensible 30 mm	Resistente 15 mm	Sensible 36 mm
Tanque de Almacenamiento: Chuculnag	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 10 mm	Resistente 17 mm	Sensible 27 mm	Sensible 27 mm	Resistente 14 mm	Sensible 30 mm
Tanque de Almacenamiento: Bacún	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 10 mm	Sensible 27 mm	Sensible 26 mm	Sensible 28 mm	Resistente 16 mm	Sensible 33 mm
Baños Públicos del centro de Punín	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 11 mm	Sensible 29 mm	Sensible 27 mm	Sensible 28 mm	Resistente 16 mm	Sensible 34 mm
Vivienda del centro de Punín.	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Resistente 12 mm	Sensible 30 mm	Sensible 29 mm	Sensible 30 mm	Resistente 17 mm	Sensible 36 mm

Realizado por: Pérez M., 2024

Tabla 4-27: PRUEBAS DE SUSCEPTIBILIDAD de bacterias gram negativas y su sensibilidad

Microorganismo	Total	Referencia	Antibiótico utilizado y su sensibilidad					
			OX (Oxacilina)	STX (Trimetoprim Sulfametoxazol)	CN (Gentamicina)	AZM (Azitromicina)	P (Penicilina)	LEV (Levofloxacina)
<i>Staphylococcus aureus</i>	3	Sensible	(0) 0 %	(3) 100 %	(3) 100 %	(0) 0 %	(2) 66.6%	(3) 100 %
		Resistente	(3) 100 %	(0) 0 %	(0) 0 %	(3) 100 %	(1) 33.3%	(0) 0 %
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	11	Sensible	(0) 0 %	(11) 100 %	(11) 100 %	(11) 100 %	(6) 54.5%	(11) 100 %
		Resistente	(11) 100 %	(0) 0 %	(0) 0 %	(0) 0 %	(5) 45.5%	(0) 0 %

Realizado por: Pérez M., 2024

4.5.2. *Análisis y discusión de resultados obtenidos en la interpretación del antibiograma de los microorganismos del género staphylococcus spp. aislados.*

En el caso de las pruebas de antibiograma efectuadas en el género *Staphylococcus* se siguió de manera similar las guías establecidas por el CLSI para identificar la resistencia o sensibilidad a los diferentes grupos de antibióticos como: Penicilinasas (oxacilina, penicilina), Sulfonamidas (Trimetoprim Sulfametoxazol), Aminoglucósidos (Gentamicina), Macrólidos (Azitromicina), Fluoroquinolonas (Levofloxacina).

En el estudio realizado en Punín se observó como existe resistencia en ambas especies de *Staphylococcus* principalmente en Oxacilina con un 100% en todas las muestras analizadas, es decir no fue efectivo en ninguno de los 14 antibiogramas realizados, pues el mayor halo medido en estos fue de 13 mm, el cual no llega al límite inferior establecido por el CLSI. Esto indicó que las bacterias estudiadas se tratan de *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina (MRSA) y *Staphylococcus epidermidis* resistente a meticilina (MRSE).

Los investigadores explican que el género *Staphylococcus* desarrolla mecanismos de resistencia frente al grupo de las penicilinasas debido a la síntesis de Proteínas fijadoras de penicilina (PBP) las cuales tienen baja afinidad por este grupo de fármacos. De manera específica el mecanismo de resistencia A (MecA) confiere resistencia a antibióticos β -lactámicos al codificar la proteína de unión a penicilina 2a (PBP2a). Esta proteína posee una menor afinidad por los β -lactámicos, lo cual deriva en que PBP2a sea capaz de seguir catalizando la síntesis de la pared celular bacteriana permitiendo así que la bacteria sobreviva y prolifere (Camarena et al 2016, p.2).

De manera similar se observa resistencia principalmente en *Staphylococcus epidermidis* frente a penicilina con un 45.5% de las bacterias analizadas, mientras que en *Staphylococcus aureus* se observó un 33.3% de bacterias resistentes. Al igual que con la oxacilina estas presentan resistencia debido a la acción del gen MecA. Mientras que para el resto de los fármacos utilizados se observó claramente la sensibilidad del microorganismo frente a los antibióticos utilizados según lo establecido por el CLSI.

En un estudio realizado por los investigadores donde se estudió la susceptibilidad de *Staphylococcus aureus*, se observó como de un total de 43 cepas un 90.6% fue resistente a oxacilina, mientras que un 15.4% fue resistente a azitromicina (Suárez et al. 2020, p.49). De manera similar en el estudio realizado en Punín se observó cómo el 100% de bacterias pertenecientes al género *Staphylococcus* presentó resistencia a oxacilina, mientras que para azitromicina se observó un 100% de resistencia en *Staphylococcus aureus* y por el contrario un 100% de sensibilidad en *Staphylococcus epidermidis*. Los investigadores en un estudio sobre la sensibilidad de *Staphylococcus epidermidis*, demostraron que de un total de 230 cepas estudiadas de esta bacteria un 41% era resistente a eritromicina. La azitromicina al formar parte del grupo de medicamentos macrólidos al igual que la eritromicina posee un mecanismo de acción similar, por lo tanto, mediante este estudio se demostró que existe una mayor sensibilidad de esta bacteria frente a este grupo de antibióticos (Haque 2019, p.142).

4.6. Socialización a los habitantes y tenencia política de Punín.

Para la socialización de los resultados obtenidos a la tenencia política en Punín se elaboró un informe general por parte del proyecto de vinculación “Valoración nutricional, nivel de actividad física en niños y adolescentes, para promover hábitos de estilo de vida saludable en la parroquia Punín” que redactando parámetros químico-físicos y microbiológicos sobre la calidad de agua que se tiene en los puntos muestreados. Resaltando las observaciones en aquellos puntos que presentaban parámetros desfavorables con la finalidad de realizar las recomendaciones pertinentes para mejorar la calidad del agua a corto y largo plazo.

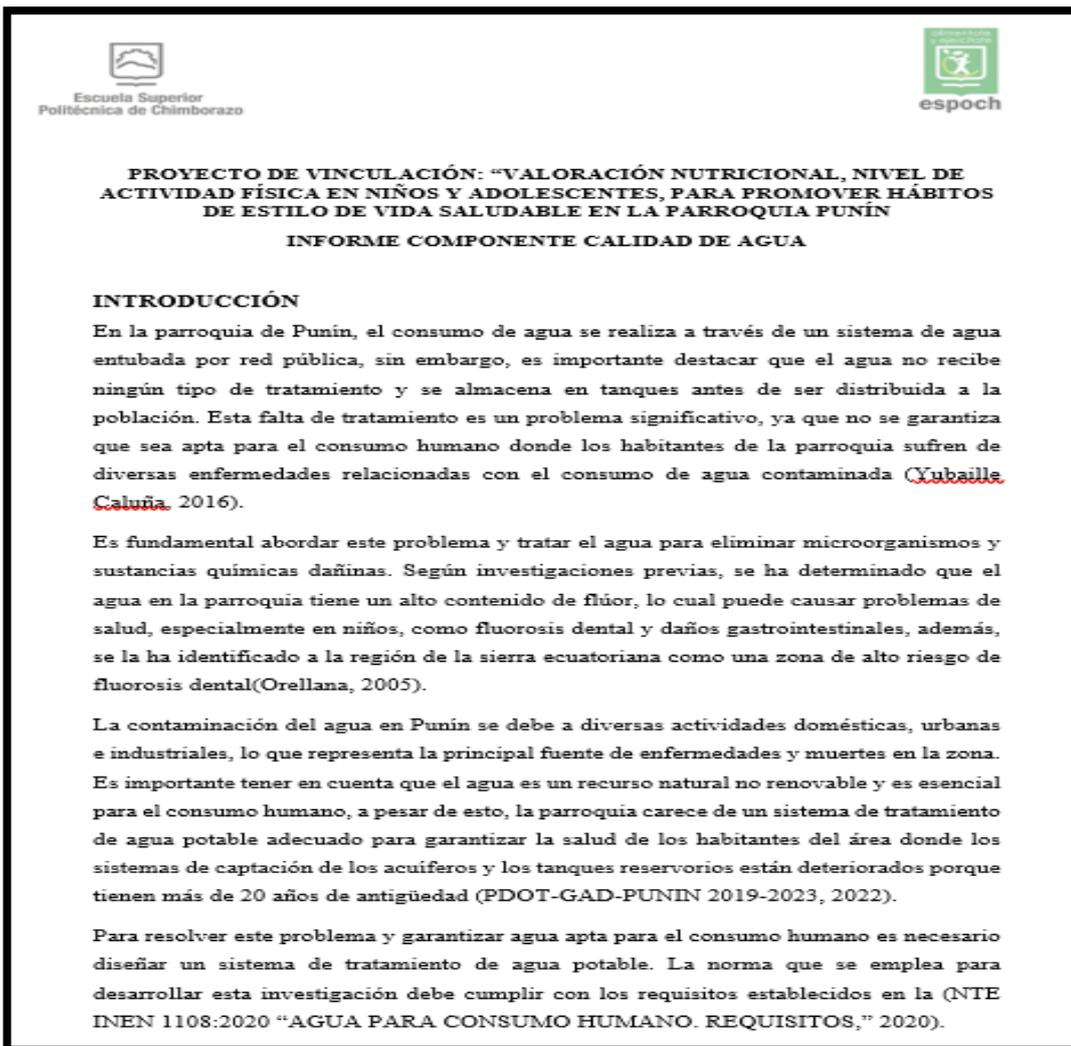


Ilustración 4-2: Pagina inicial del informe entregado a la tenencia política en Punín.

Fuente: Aliméntate y Ejercítate, ESPOCH. 2023

Para la socialización de los resultados obtenidos a los habitantes de la parroquia Punín se realizaron trípticos que contenían la información sobre los puntos analizados y como se encuentra la calidad del agua dentro de cada uno de estos puntos, además de dar ciertas recomendaciones para mejorar la calidad del agua.



Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo

VALORACIÓN NUTRICIONAL, NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, PARA PROMOVER HABITOS DE ESTILO DE VIDA SALUDABLE EN LA PARROQUIA PUNÍN



espoch

El agua

Es un recurso natural necesario para que exista la vida, ya que es fundamental en la supervivencia de los seres vivos, pues esta transporta nutrientes, regula la temperatura, participa en la digestión de los alimentos, entre otros procesos de gran importancia para mantener la salud de los seres vivos.



Calidad del agua

Son las características físicas, químicas y biológicas que presenta el agua, generalmente son indicadores de la idoneidad del agua para que pueda satisfacer las necesidades del consumo humano, es decir agua limpia y libre de contaminación.

CALIDAD DE AGUA

Agua en Punín

En Punín la calidad del agua varía entre cada punto. En los análisis realizados se analizaron un total de 11 puntos en distintas zonas de Punín.

- Vertiente Natural: Agua Azul
- Vertiente Natural: Guagracorral
- Vertiente Natural: Shaguil P1
- Vertiente Natural: Shaguil P2
- Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3
- Vertiente Natural: Calispoglia
- Vertiente Natural: Guaytuc
- Tanque de Almacenamiento: Chuculnag
- Tanque de Almacenamiento: Bacún
- Baños Públicos del centro de Punín
- Vivienda del centro de Punín

Resultados de los análisis

<p>Vertiente Natural: Agua Azul No consta con el color adecuado para los estándares establecidos. Presencia de coliformes fecales, contaminación por bacterias.</p>
<p>Vertiente Natural: Guagracorral Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Presencia de coliformes fecales, contaminación por bacterias.</p>
<p>Vertiente Natural: Shaguil P1 Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Presencia de coliformes fecales, contaminación por bacterias.</p>
<p>Vertiente Natural: Shaguil P2 Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Sin presencia de coliformes fecales.</p>
<p>Tanque de Almacenamiento: Shaguil P3 No consta con el color adecuado para los estándares establecidos. Presencia de coliformes fecales, alto nivel de contaminación por bacterias.</p>
<p>Vertiente Natural: Calispoglia Niveles ligeramente elevados de fósforo. Sin presencia de coliformes fecales.</p>



Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo

VALORACIÓN NUTRICIONAL, NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, PARA PROMOVER HABITOS DE ESTILO DE VIDA SALUDABLE EN LA PARROQUIA PUNÍN



espoch

<p>Vertiente Natural: Guaytuc Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Sin presencia de coliformes fecales.</p>
<p>Tanque de Almacenamiento: Chuculnag Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Presencia de coliformes fecales, contaminación por bacterias.</p>
<p>Tanque de Almacenamiento: Bacún Sin parámetros alterados en análisis químico físicos. Presencia de coliformes fecales, contaminación por bacterias.</p>
<p>Baños Públicos del centro de Punín Cantidades de plomo elevadas. Sin presencia de coliformes fecales.</p>
<p>Vivienda del centro de Punín Cantidades de plomo elevadas. Sin presencia de coliformes fecales.</p>



CALIDAD DE AGUA

¿Qué significan estos parámetros analizados?

COLOR: Cuando el agua no consta con el color adecuado en la escala de Pt-Co (Platino-Cobalto) se dice que el agua puede contener impurezas o contaminantes que afecten a la pureza y calidad del agua.

Coliformes fecales: Grupo de bacterias que indican la contaminación del agua debido a materia fecal, se utiliza para indicar la presencia de microorganismos que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud de los seres vivos.

Fósforo en el agua: Niveles elevados de fósforo pueden asociarse con la contaminación del agua ya que promueve la producción de bacterias, además de promover el crecimiento de algas y dificultar la potabilización del agua.

Plomo en el agua: El plomo es un metal pesado tóxico para los seres vivos, que puede producir consecuencias graves en la salud, generalmente se encuentra en el agua debido a la corrosión de las tuberías.

Recomendaciones

- Realizar periódicamente una limpieza de los sectores aledaños a las vertientes naturales, para evitar la acumulación de desechos.
- Cercar los tanques de almacenamiento de agua para evitar que los desechos de pastoreo o de fertilizantes contaminen el líquido vital.
- Clarar el agua para evitar la contaminación de microorganismos patógenos que afectan la salud.
- Para consumir el agua en las viviendas es necesario que pase por un proceso de ebullición previo para eliminar a los microorganismos presentes.
- Capacitar a las personas sobre las acciones higiénico-sanitarias a llevar a cabo para disminuir las infecciones en la población.
- Realizar periódicamente, caracterizaciones físico-químicas y microbiológicas del agua potable para tener un agua segura y de calidad para el consumo humano.

Ilustración 4-3: Tríptico realizado para la socialización a los habitantes parroquia Punín

Realizado por: Pérez M., 2024

CONCLUSIONES

- Se realizó el muestreo de las vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín según lo establecido en la norma NTE INEN 1105:2012 y NTE INEN 2296:2013, mediante el seguimiento de las especificaciones establecidas en dicha norma se obtuvo las muestras para su posterior análisis en laboratorio, de manera tal en la que se dio cumplimiento a lo establecido en la norma.
- Se analizó química, física y microbiológicamente el agua de las vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín según lo establecido en la norma NTE INEN 1 108:2020. Dentro de este estudio se observó cómo había ciertos incumplimientos en diversos puntos de muestreo tanto para el análisis químico, físico y microbiológico. Ya que se encontraron anomalías en parámetros como: Color, Plomo y Coliformes fecales. Por otra parte, si bien algunos de los análisis se encontraron dentro de los límites permisibles, si se observó cómo estos se encuentran muy cercanos al límite superior establecido, por lo cual es un aspecto por tomar en cuenta para los posibles seguimientos o estudios futuros que puedan realizarse en las aguas de la parroquia.
- Se aisló microbiológicamente otras bacterias asociadas a multiresistencia del agua de vertientes y suministro de agua de la parroquia Punín. Dentro de las bacterias aisladas se encontró: *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae* *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis*. Este tipo de bacterias representan un riesgo para la salud de la población que consume dicha agua, pues se tratan de bacterias patógenas las cuales pueden causar infecciones gastrointestinales, del tracto urinario, pulmonares, cutáneas y bacteriemias.
- Se identificó la resistencia bacteriana de las bacterias aisladas mediante el método de Kirby Bauer. En este estudio se identificó como las bacterias pertenecientes al grupo coliforme como: *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca* y *Klebsiella pneumoniae*. Poseen enzimas β -lactamasas de espectro extendido (BLEE) las cuales son un grave problema dentro de la resistencia a los antibióticos ya que inhiben el funcionamiento de medicamentos β -lactámicos como: penicilinasas, cefalosporinas (primera, segunda, tercera generación) y monobactámicos. Mientras que en bacterias pertenecientes al género *Staphylococcus* se observó una clara resistencia a la oxacilina y en menor frecuencia a la penicilina, lo cual indica que se tratan de cepas bacterianas resistentes a meticilina conocidas como MRSA o MRSE. La presencia de bacterias resistentes implica desafíos clínicos y de salud pública, ya que pueden ocasionar infecciones graves y difíciles de tratar, es por ello que la prevención y el desarrollo de estrategias terapéuticas son aspectos clave en la gestión de estas infecciones.
- Se socializó a los habitantes y tenencia política de Punín, mediante el uso de trípticos, charlas, informes y exposiciones realizadas en diferentes zonas de dicha parroquia. Cada una de

las explicaciones fue realizada de tal manera que fue entendible para la población y de esta forma se concientizó a la misma sobre la importancia, tratamiento y el uso del agua.

RECOMENDACIONES

- Debido a la contaminación encontrada en diversos puntos de la parroquia es recomendable que se de tratamiento a cada uno de los puntos de almacenamiento y distribución del agua, ya que de esta manera se erradicará la presencia de contaminación microbiológica.
- La presencia de Plomo en las muestras de agua del centro de Punín es agravante pues se trata de riesgo a la salud de importancia crítica, de manera en que se recomienda el mantenimiento o reemplazo de las tuberías utilizadas para la distribución de agua dentro del centro de Punín.
- Mantener las zonas agropecuarias alejadas de los puntos de almacenamiento y distribución de agua, para de esta manera reducir la contaminación producida en cada uno de los puntos analizados.
- Realizar monitoreos periódicos de cada uno de los parámetros de importancia de la calidad del agua es fundamental para garantizar la eficacia de los tratamientos aplicados a las aguas. Estos monitoreos proporcionan información crucial sobre el estado del agua en diferentes etapas del proceso de tratamiento y distribución, permitiendo identificar posibles problemas y tomar medidas correctivas de manera oportuna.
- Realizar charlas o exposiciones periódicas es una estrategia efectiva para concientizar a la población sobre el buen uso, conservación y tratamiento de la red hídrica de Punín. Estas actividades pueden llevarse a cabo en diferentes contextos, como escuelas, centros comunitarios, eventos locales o incluso a través de medios de comunicación locales, para llegar a la mayor cantidad de personas posible.
- Mejorar el tratamiento del agua en el punto de distribución es crucial para garantizar que el agua llegue a la población con la calidad adecuada para su consumo. Si bien el cloro es un desinfectante ampliamente utilizado y efectivo para eliminar muchos microorganismos patógenos en el agua, algunos microorganismos formadores de biopelículas pueden resistir los niveles típicos de cloro y persistir en el sistema de distribución de agua.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, L et al. "Coliformes totales, fecales y algunas enterobacterias, Sthaphylococcus sp. y hongos en ensaladas para perro calientes expandidas en la ciudad de Maracay, Venezuela". Scielo [en línea] 2001 (Venezuela), p.12. [Consulta 01 octubre 2023] Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000400007.

ADJOVU, G et al. "Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques". MDPI [en línea] 2023. (Estados Unidos), p.10. [Consulta 05 octubre 2023] Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>.

ALFARO, R. "Aspectos relevantes sobre Salmonella sp en humanos" Scielo. [en línea] 2018. (Cuba), p.110. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252018000300012.

ALÓS, I. "Resistencia bacteriana a los antibióticos: una crisis global". Elsevier [en línea] 2015. (México), p.2. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-resistencia-bacteriana-antibioticos-una-crisis-S0213005X14003413>.

AQUAE. *¿Cuál es la calidad perfecta del agua?* [blog] Madrid, 2023. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/calidad-agua/#:~:text=La%20calidad%20del%20agua%20es,cantidad%20de%20bacterias%20que%20tiene..>

AQUAE. *Tipos de contaminación y sus principales consecuencias.* [blog] Madrid, 2023. [Consulta 15 octubre 2023] Disponible en: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/tipos-contaminacion/#:~:text=La%20contaminación%20es%20la%20introducción,fundamentalmente%20de%20la%20actividad%20humana..>

ARCA. *Agencia de Regulación y Control de Agua.* [en línea] 2023. [Consulta 21 octubre 2023] Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec>.

BASTIDAS, L. Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de pozode destinada a consumo humano en comunidades rurales dispersas del valle de mariquina, provincia de valdivia. [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad Austral de Chile. 2009, p.12. [Consulta 21 octubre 2023]

Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fvb326e/doc/fvb326e.pdf>.

BOLAÑOS, J et al. "Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)". Scielo [en línea] 2017. (Costa Rica), p.2. [Consulta 11 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>.

BRACHO, F et al. "Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano". Scielo. [en línea] 2017. (Cuba), p.8. [Consulta 19 noviembre 2023] Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mg/v33n3/mg07317.pdf>.

BUSH, L et al. "Introducción a las bacterias grampositivas". Manual MSD. [en línea] 2023. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 21 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-ec/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-grampositivas/introducción-a-las-bacterias-grampositivas>

BUSH, L et al. "Introducción a las bacterias grampositivas". Manual MSD. [en línea] 2022. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 21 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-ec/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/introducci%C3%B3n-a-las-bacterias-gram-negativas>.

CABRAL, J. "Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water". NCBI [en línea] 2010. (Portugal), p.1. [Consulta 21 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2996186/>.

CALVO, J. y MARTÍNEZ, L. "Mecanismos de acción de los antimicrobianos". Elsevier [en línea] 2020. (España), p.44. [Consulta 21 noviembre 2023] Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-mecanismos-accion-antimicrobianos-S0213005X08000177>.

CAMARENA, J. y SÁNCHEZ, R. "Infección por *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina". SEIMC [en línea] 2016. (España), p.1. [Consulta 23 noviembre 2023] Disponible en: <https://seimc.org/contenidos/ccs/revisionestematicas/bacteriologia/sarm.pdf>.

CAÑETE, C. "La importancia del control y monitoreo de la calidad del agua del Río Paraguay para el desarrollo y la defensa nacional". Scielo [en línea] 2019. (Paraguay), p.17. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/rcfacen/v10n1/2222-145X-rcfacen->

10-01-17.pdf

CARBOTECNIA. *Bacterias coliformes en el agua potable.* [blog] México, 2021. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/desinfeccion/bacterias-coliformes-en-el-agua-potable/>.

CDC. *Lo que las personas con infección por estafilococo deben saber acerca de la influenza.* [blog] Estados Unidos, 2022. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: [https://espanol.cdc.gov/flu/symptoms/flustaph.htm#:~:text=Con%20frecuencia%2C%20los%20estafilococos%20ocasionan,y%20los%20pulmones%20\(neumonía\)](https://espanol.cdc.gov/flu/symptoms/flustaph.htm#:~:text=Con%20frecuencia%2C%20los%20estafilococos%20ocasionan,y%20los%20pulmones%20(neumonía))

CLEVELAND CLINIC. *Bacteria.* [blog] Estados Unidos, 2023. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: <https://my.clevelandclinic.org/health/articles/24494-bacteria>.

DE SOUSA, C et al. "Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control". Scielo [en línea] 2017. (Venezuela), p.1. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482010000200003.

DEL ANGEL, K et al. "Péptidos antimicrobianos, una alternativa prometedora para el tratamiento de enfermedades infecciosas". Karger. [en línea] 2019. (Suiza), p.1. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://karger.com/kxn/article/1/1/15/188901/Peptidos-antimicrobianos-una-alternativa>.

DEL ARCO, J. "Antibióticos: situación actual". Elsevier [en línea] 2014. (Paraguay), p.480. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-antibioticos-situacion-actual-X0213932414516605>.

FARIÑA, N et al. "Staphylococcus coagulasa-negativa clínicamente significativos. Especies más frecuentes y factores de virulencia". Scielo [en línea] 2013. (España), p.23. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rci/v30n5/art03.pdf>.

FELMAN, A. *What to know about infections.* [blog] Estados Unidos, 2023. [Consulta 10 octubre 2023] Disponible en: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/196271>

FREIRE, D. "Estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad Ambato". Scielo [en línea] 2021. (Ecuador), p.477. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible

en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000300477.

GAD DE PUNÍN. *Punín*. [blog] Ecuador, 2023. [Consulta 26 octubre 2023] Disponible en: <https://gadpunin.gob.ec>.

GAILLAT, J. "Imidazoles". Scielo [en línea] 2010. (España), p.1. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1636541010705201>.

GARCÍA, M. "Escherichia coli portador de betalactamasas de espectro extendido. Resistencia". Scielo [en línea] 2018. (España), p.244. [Consulta 23 noviembre 2023]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S188785712013000400003#:~:text=Las%20betalactamasas%20de%20espectro%20extendido,coli%20y%20Klebsiella%20pneumoniae

GENCAT. *Bacterias patógenas*. [blog] España, 2021. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://acsa.gencat.cat/es/detall/article/Bacterias-patogenas>.

GÓMES, J et al. "Los betalactámicos en la práctica clínica". [en línea] 2015. (España), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://seq.es/wp-content/uploads/2015/02/gomez.pdf>.

HAQUE, N et al. "Antibiotic susceptibility pattern of Staphylococcus epidermidis". [en línea] 2019. (Estados Unidos), p.142. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19623137/>.

HERNÁNDEZ, R et al. *Metodología de la investigación*. 2da ed. México: McGraw-Hill. 2001, pp: 52-60.

INEC. "Agua, Saneamiento e higiene". UNICEF [en línea] 2018. (Ecuador), p.-79. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf.

INEC. "Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador" INEC. [en línea] 2019. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/EMPLEO/2019/Indicadores%20ODS%20Agua%20Saneamiento%20e%20Higiene2019/3.%20Principales%20resultados%20indicadores%20ASH%202019.pdf>.

INEN. "NTE INEN 108:2011". [en línea] 2011. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1108.pdf>.

INEN. Aguas. Muestreo para exámen microbiológico. [en línea] 2012. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-1105-AGUAS.-MUESTREO-PARA-EXAMEN-MICROBIOLÓGICO.pdf?x42051>.

INEN. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo[en línea] 2013. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>.

INEN. Agua. Definiciones. [en línea] 2013. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE-INEN-1882%20-%20AGUA.%20DEFINICIONES.pdf>.

INEN. NTE INEN 1108: agua para consumo humano. Requisitos. [en línea] 2020. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://studylib.net/doc/25540804/agua-potable-n-inen-1108-6-marzo-2020>.

INEN. NTE INEN 2169:2013 agua. calidad del agua. muestreo. manejo y conservación de muestras. [en línea] 2013. (Ecuador), p.1. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACIÓN%20DE%20MUESTRAS.pdf>.

INSST. *Staphylococcus aureus*. [blog] España, 2021. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.insst.es/agentes-biologicos-basebio/bacterias/staphylococcus-aureus>.

IÑIGUEZ, L et al. "Calidad microbiológica del agua potable utilizada en escuelas públicas de la ciudadde Tepatitlán, Jalisco". UAEH. [en línea] 2022. (Ecuador), p.33-35. [Consulta 01 diciembre 2023]. Disponible en: <http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1336/1/Calidad%20microbiológica%20del%20agua%20potable%20utilizada%20en%20escuelas%20públicas%20de%20la%20ciudad%20de%20Tepatitlán%2C%20Jalisco.pdf>.

KAISER, G. *Plásmidos y Transposones*. [blog] Estados Unidos, 2021. [Consulta 29 octubre

2023] Disponible en:
[https://espanol.libretexts.org/Biologia/Microbiología/Libro%3A_Microbiología_\(Kaiser\)/Unit_1%3A_Introducción_a_la_Microbiología_y_Anatomía_Celular_Procariota/2%3A_La_Célula_Procariota_-_Bacterias/2.4%3A_Componentes_celulares_dentro_del_citoplasma/2.4C%3A_](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Microbiología/Libro%3A_Microbiología_(Kaiser)/Unit_1%3A_Introducción_a_la_Microbiología_y_Anatomía_Celular_Procariota/2%3A_La_Célula_Procariota_-_Bacterias/2.4%3A_Componentes_celulares_dentro_del_citoplasma/2.4C%3A_)

LABORATORIO BRITANIA. "Verde Brillante Bilis 2% Caldo". Britania [en línea] (Argentina) 2021, p.5. Disponible en:
https://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_6054e8cd82576.pdf.

LARREA, J et al. "Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río almendares como caso de estudio". [en línea] 2022. (Cuba), pp: 148-159. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/1812/181271968004/html/>.

LEZAMETA, L et al. "Comparación de cuatro métodos fenotípicos". Scielo [en línea] 2010. (Perú), p.345. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en:
<http://www.scielo.org/pe/pdf/rins/v27n3/a06v27n3.pdf>.

MADIGAN, M et al. *Brock Biology of Microorganisms*. [blog] Países bajos, 2019. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: https://www.pearson.com/nl/en_NL/higher-education/subject-catalogue/biology/Brock-Biology-of-Microorganisms-Madigan.html.

MARTÍNEZ, M. *Morfología y estructura bacteriana* [blog] España, 2010. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: https://www.u-cursos.cl/medicina/2010/0/MAGVIVO3/1/material_docente/bajar?id_material=272963.

MARTÍNEZ, R. y ALBARADO, L. "Calidad bacteriológica de aguas en piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela". Scielo [en línea] 2013. (Venezuela), p.5. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100005.

MARTINEZ, A et al. "Resistencia a antimicrobianos de enterobacterias aisladas de aguas destinadas al abastecimiento público en la región centro-oeste del estado de São Paulo, Brasil". Scielo [en línea] 2019. (Brasil), p.1. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en:
http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S217662232019000100014&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

MEDLINEPLUS. *Antibiotics*. [blog] España, 2023. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en:

<https://medlineplus.gov/antibiotics.html>.

MINISTERIO DE SANIDAD ESPAÑA. *Calidad de las aguas.* [En línea] 2023. <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/preguntasFrec.htm#:~:text=Son%20todas%20aquellas%20aguas%20ya,redes%20de%20distribuci%20n%20p%20blicas%20o.>

MORENO, C et al. "Identificación de enterobacterias productoras de betalactamasas de espectro extendido (BLEEs) en instalaciones porcinas de la provincia Matanzas". Scielo [en línea] 2017. (Cuba), p.1. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2017000300006.

NIH. *Microorganism.* [blog] Estados Unidos, 2023. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/microorganism>.

OLIVAS, A et al. "Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México". Scielo [en línea] 2013. (México), p.167. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200003.

OMS. *Antimicrobial resistance* [blog] Ginebra, 2021. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>.

OMS. *Antibiotic resistance.* [blog] Ginebra, 2020. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>.

OMS. *Managing possible serious bacterial infection in young infants when referral is not feasible.* [blog] Ginebra, 2015. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/181426/9789241509268_eng.pdf.

OMS. *La OMS publica la lista de las bacterias para las que se necesitan urgentemente nuevos antibióticos.* [blog] Ginebra, 2017. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/27-02-2017-who-publishes-list-of-bacteria-for-which-new-antibiotics-are-urgently-needed>.

OMS. *Guidelines for drinking-water quality.* [blog] Ginebra, 2022. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064->

eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=195.

OMS. *Intoxicación por plomo y salud.* [blog] Ginebra, 2022. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.

ONU. *Objetivos del Desarrollo Sostenible.* [blog] Ginebra, 2015. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.

OMS. *Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.* [blog] Ginebra, 2015. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>.

OPS. *Patógenos multirresistentes que son prioritarios para la OMS.* [blog] Ginebra, 2021. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/4-3-2021-patogenos-multirresistentes-que-son-prioritarios-para-oms>.

OTTO, M. "Staphylococcus epidermidis – the accidental pathogen". NCBI [en línea] 2009. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2807625/>.

PAHO. *Saneamiento básico: agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura: cuadernillo para capacitaciones con enfoque intercultural en áreas rurales.* [blog] Ginebra, 2022. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56014#:~:text=El%20saneamiento%20básico%20es%20un,lograr%20mejores%20niveles%20de%20salud..>

PÉREZ, R. Resistencia bacteriana a antimicrobianos: su importancia en la toma de decisiones en la práctica diaria. [en línea] 1998. (España), p.57. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.sanidad.gob.es/biblioPublic/publicaciones/docs/bacterias.pdf>.

PÉREZ, E. "Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica". Scielo [en línea] 2016. (Costa Rica), p.3. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003.

PÉREZ, M. "Infecciones por Klebsiella, Enterobacter y Serratia" Manual MSD. [en línea] 2022. (Estados Unidos), p.3. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en:

<https://www.msmanuals.com/es-es/hogar/infecciones/infecciones-bacterianas-bacterias-gramnegativas/infeccionespory#:~:text=Las%20bacterias%20Klebsiella%2C%20Enterobacter%20y,de%20atenci%C3%B3n%20a%20largo%20plazo..>

PIGRAU, C. "Oxazolidinonas y gluco péptidos". Elsevier [en línea] 2003. (España), p.157. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdfsimple&pii=S0213005X03729073&r=28#:~:text=Mecanismo%20de%20acci%C3%B3n%20y%20resistencias,iniciaci%C3%B3n%2070S1%2C%2C4..>

RAMIREZ, J et al. Manual de laboratorio de microbiología. [en línea] 2018. (México), p.17. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Guia-de-Microbiologia.pdf>.

RODRÍGUEZ , J et al. "Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América" Scielo. [en línea] 2012. (México), p.359. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004.

RODRÍGUEZ, A. "Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*". Scielo [en línea] 2002. (México), p.464. [Consulta 02 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342002000500011.

RODRÍGUEZ, S et al. "Relación del nitrato sobre la contaminación bacteriana del agua". Scielo [en línea] 2012. (México), p.111. [Consulta 10 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v30n2/2395-8030-tl-30-02-00111.pdf>.

RYAN, K et al. "Microbiología médica: Enterobacterias". [en línea] 2017. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 14 diciembre 2023]. Disponible en: <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2169§ionid=162984036>.

SANTUCCI, R y SCULLY, J. "The pervasive threat of lead (Pb) in drinking water: Unmasking and pursuing scientific factors that govern lead release". NCBI [en línea] 2020. (Estados Unidos), p.2231. [Consulta 14 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7519300/>.

SENIOR, W. "Pozo Dragón informe final por WS". Research gate [en línea] 2017. (Estados

Unidos), p.2. [Consulta 14 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Tubos-de-caldo-lactosado-y-caldo-bilis-verde-brillante-mostrando-reacciones-positivas-y_fig1_321837085.

SINGH, L et al. "Klebsiella oxytoca: An emerging pathogen?". NCBI [en línea] 2016. (India), p.59. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5192185/>.

SOLÍS, Y et al. "La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica". Scielo.[en línea] 2017. (Costa Rica), p.36. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>.

STAHL, J. "Lincosamidas". Science direct [en línea] 2009. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1636541009705276>.

SUARÉZ, J et al. "Susceptibilidad antibiótica de Staphylococcus aureus de aislados nasales en estudiantes del norte de Perú". Scielo [en línea] 2020. (Perú), p.49. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-29662020000100009.

TACURI, J y VINTIMILLA, O. "Control Microbiológico y Físico-Químico Del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel". [en línea] (Trabajo de Titulación). Universidad de Cuenca. 2012, p.15. [Consulta 21 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/2418>

TÁRTARA, S. "Patógenos emergentes: tercera parte. Klebsiella pneumoniae productora de carbapenemasas (KPN-KPC)". Revista Arenal [en línea] 2013. (Argentina), p.417. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.revistarenal.org.ar/index.php/rndt/article/view/168/863>.

TEJEDOR, M et al. "Resistencia a antibióticos en bacterias aisladas de muestras de agua en Gran Canaria". Universidad de Las Palmas [en línea] 2015. (España), p.417. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/13574/4/0706264_00000_0000.pdf.

THAPALIYA, D et al. "Prevalence and Characterization of Staphylococcus aureus and

Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus on Public Recreational Beaches in Northeast Ohio". *Geo health* [en línea] 2017. (Estados Unidos), p.230. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017GH000106>.

TOBÓN, S et al. "Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano". *Scielo* [en línea] 2017. (Colombia), p.237. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>.

TRIGUEROS, N et al. "Macrólidos y cetólidos". Elsevier [en línea] 2009. (España), p.412. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-macrolidos-cetolidos-S0213005X09003401>.

UNICEF. *Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene*. [blog] Ecuador, 2024. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>.

VADEMECUM. *Fusídico ácido, tópico*. [blog] España, 2016. [Consulta 29 octubre 2023] Disponible en: <https://www.vademecum.es/principios-activos-fusidico+acido%2C+topico-d06ax01#:~:text=Act%C3%BAa%20inhibiendo%20la%20s%C3%ADntesis%20proteica,para%20el%20proceso%20de%20s%C3%ADntesis..>

VALENZUELA, E et al. "Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana". *Scielo* [en línea] 2012. (Chile), p.628. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182012000700007.

VAZQUEZ, M. "Pruebas de sensibilidad o antibiogramas". *Manual MSD* [en línea] 2022. (Estados Unidos), p.12. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/esec/professional/enfermedadesinfecciosas/diagn%C3%B3stico-de-laboratorio-de-las-enfermedades-infecciosas/pruebas-de-sensibilidad-o-antibiogramas>.

VICENTE, D. "Tetraciclinas, sulfamidas y metronidazol". Elsevier [en línea] 2009. (Estados Unidos), p.112. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermedades-infecciosas-microbiologia-clinica-28-articulo-tetraciclinas-sulfamidas-metronidazol-S0213005X09005187>.

VITORIA, I et al. "Contenido en nitratos de aguas de consumo público españolas". *Scielo* [en línea] 2015. (España), p.217. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en:

https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112015000300011.

WERTH, B. "Aminoglucósidos". Manual MSD [en línea] 2022. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/aminogluc%C3%B3sid>.

WERTH, B. "Sulfonamidas". Manual MSD [en línea] 2022. (Estados Unidos), p.1. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-es/professional/enfermedades-infecciosas/bacterias-y-f%C3%A1rmacos-antibacterianos/sulfonamidas>.

YUBAILLE, D. "Evaluación de la calidad física, química, microbiológica y resistencia bacteriana del aguade consumo humano de la parroquia punín cantón riobamba, provincia de Chimborazo". [en línea] (Trabajo de Titulación). ESPOCH, 2017, p.10. [Consulta 21 octubre 2023] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T00684.PDF>.

ZÚÑIGA, Y. y SAMPERIO, H. "Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas". Medigraphic [en línea] 2019. (México), p.86. [Consulta 20 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/micro/ei-2019/ei193c.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 1108:2020 AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS



NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1108
Sexta revisión
2020-04

AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS

DRINKING WATER. REQUIREMENTS

ANEXO B: NTE INEN 1105:1983 AGUAS. MUESTREO EXÁMEN MICROBIOLÓGICO



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1105:1983

FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2012-10-29

AGUAS. MUESTREO PARA EXÁMEN MICROBIOLÓGICO

Primera edición

WATERS. SAMPLE FOR MICROBIOLOGICAL EXAMINATION

First edition

DESCRIPTORES: Agua potable, muestreo examen microbiológico
AL 01.06-201
CDU: 649.61
ICS: 13.060.20

**ANEXO C: NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO
Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

**NTE INEN 2169:2013
Primera revisión**

**AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y
CONSERVACIÓN DE MUESTRAS**

Primera Edición

WATER. WATER QUALITY. SAMPLING. HANDLING AND CONSERVATION OF SAMPLES.

First Edition

DESCRIPTORES: Agua, calidad, muestreo, muestras para el análisis, preservación, manejo, condiciones generales.
AL 01.06-202
CDU: 614.777.620.113
CIIU: 4100
ICS: 13.060.01

ANEXO D: TABLA PARA LECTURA DE NMP STANDARD METHODS 9221

TABLA 9221: IV. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATION OF POSITIVE RESULT WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION

Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza		Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza	
				Inferior	Superior					Inferior	Superior
0	0	0	< 1.8	-	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	0	1	1.8	0.090	6.8	4	1	0	17	6.0	40
0	1	0	1.8	0.090	6.9	4	1	1	21	6.8	42
0	1	1	3.6	0.70	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	0	3.7	0.70	10	4	1	3	31	10	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	1	26	9.8	70
1	0	0	2.0	0.10	10	4	2	2	32	10	70
1	0	1	4.0	0.70	10	4	2	3	38	14	100
1	0	2	6.0	1.8	15	4	3	0	27	9.9	70
1	1	0	4.0	0.71	12	4	3	1	33	10	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	2	39	14	100
1	1	2	8.1	3.4	22	4	4	0	34	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	1	40	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	0	8.3	3.4	22	4	5	0	41	14	100
1	3	1	10	3.5	22	4	5	1	48	15	120
1	4	0	10	3.5	22	5	0	0	23	6.8	70
2	0	0	4.5	0.79	15	5	0	1	31	10	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	2	43	14	100
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	3	58	22	150
2	1	0	6.8	1.8	17	5	1	0	33	10	100
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	1	46	14	120
2	1	2	12	4.1	26	5	1	2	63	22	150
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	3	84	34	220
2	2	1	12	4.1	26	5	2	0	49	15	150
2	2	2	14	5.9	36	5	2	1	70	22	170
2	3	0	12	4.1	26	5	2	2	94	34	230
2	3	1	14	5.9	36	5	2	3	120	36	250
2	4	0	15	5.9	36	5	2	4	150	58	400
3	0	0	7.8	2.1	22	5	3	0	79	22	220
3	0	1	11	3.5	23	5	3	1	110	34	250
3	0	2	13	5.6	35	5	3	2	140	52	400
3	1	0	11	3.5	26	5	3	3	170	70	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	4	210	70	400
3	1	2	17	6.0	36	5	4	0	130	36	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	1	170	58	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	2	2	20	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	0	17	6.8	40	5	4	4	350	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	5	430	150	1100
3	3	2	24	9.8	70	5	5	0	240	70	710
3	4	0	21	6.8	40	5	5	1	350	100	1100
3	4	1	24	9.8	70	5	5	2	540	150	1700
3	5	0	25	9.8	70	5	5	3	920	220	2600
4	0	0	13	4.1	35	5	5	4	1600	400	4600
4	0	1	17	5.9	36	5	5	5	> 1600	700	-
4	0	2	21	6.8	40						

ANEXO E: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Tanque de captación de agua, Bacun



Tanque de captación de agua, Aguazul



Tanque de captación de agua, Shaguil



Tanque de captación de agua, Shaguil



Vertiente natural, Calispoglio



Vertiente natural, Calispoglio



Tanque de captación de agua, Calispoglio



Agua de baños públicos del centro de Punín



Agua de vivienda del centro de Punín



Análisis de coliformes fecales



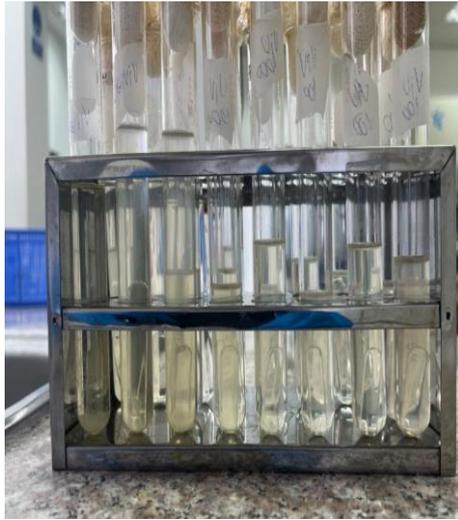
Análisis de coliformes fecales



Análisis de coliformes fecales



Resultados del análisis de coliformes fecales



Resultados del análisis de coliformes fecales



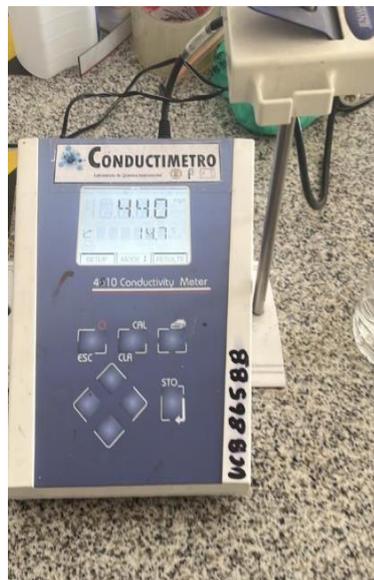
Resultados del análisis de coliformes fecales



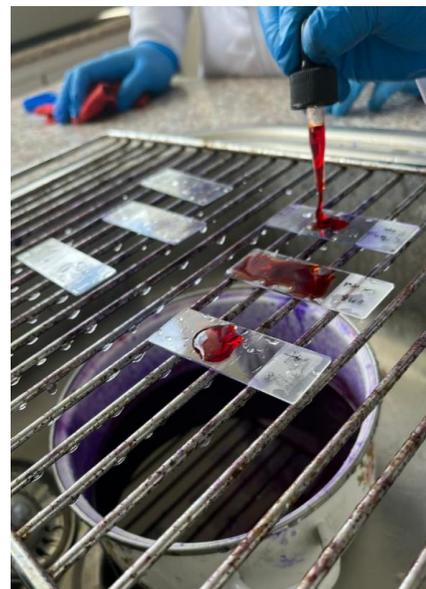
Análisis químico-físico



Análisis químico-físico



Preparación de tinción Gram



Siembra de bacterias en agares selectivos



Aislamiento de bacterias

Bacterias en agares selectivos



Aislamiento de bacterias



Staphylococcus aureus aislado



Staphylococcus epidermidis aislado



Klebsiella pneumoniae aislado



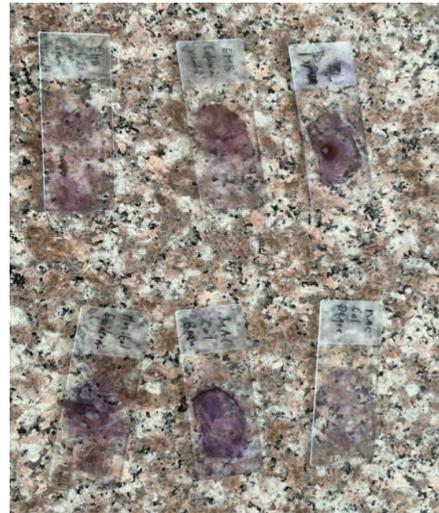
Klebsiella oxytoca aislado



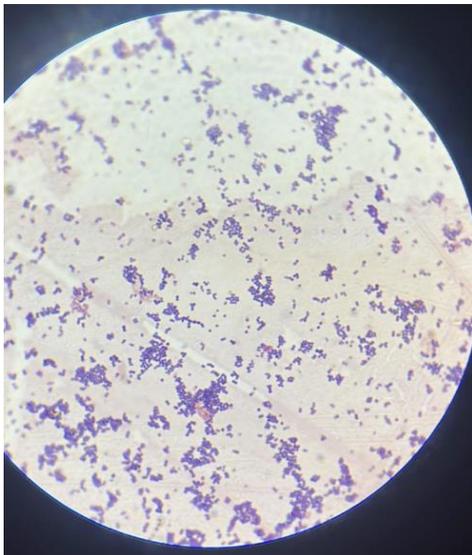
Escherichia coli aislado



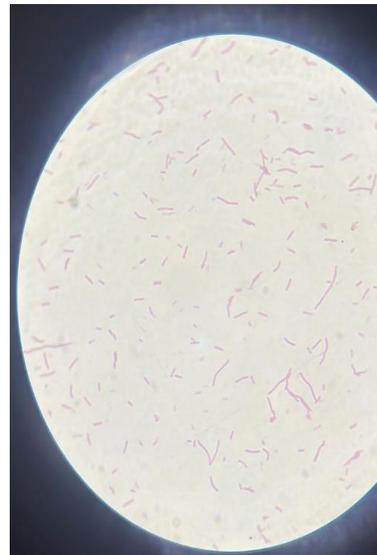
Tinción Gram



Análisis microscópico (cocos gram +)



Análisis microscópico (bacilos gram -)



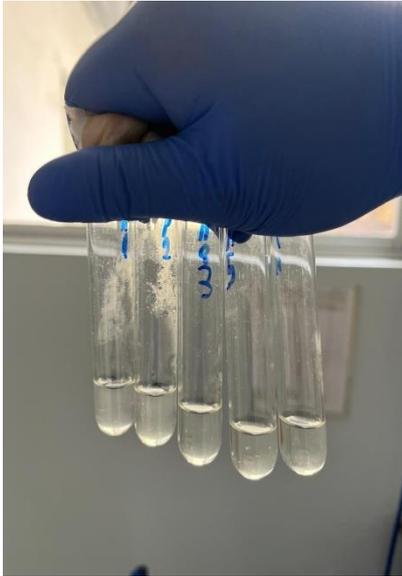
Pruebas bioquímicas



Pruebas bioquímicas *Klebsiella oxytoca*



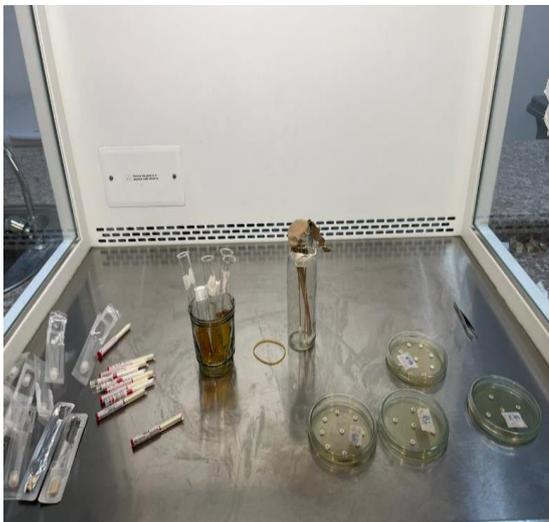
Prueba de coagulasa



Prueba de catalasa



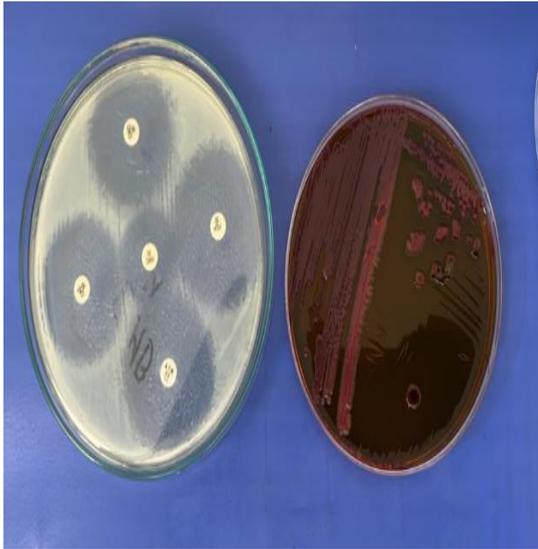
Preparación de antibiogramas



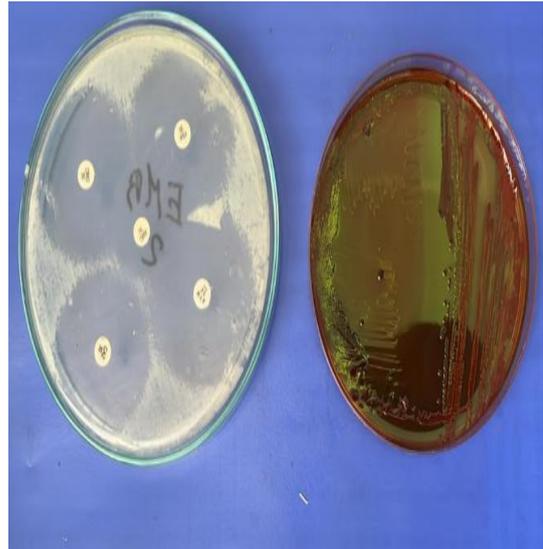
Preparación de antibiogramas



Klebsiella oxytoca y su antibiograma



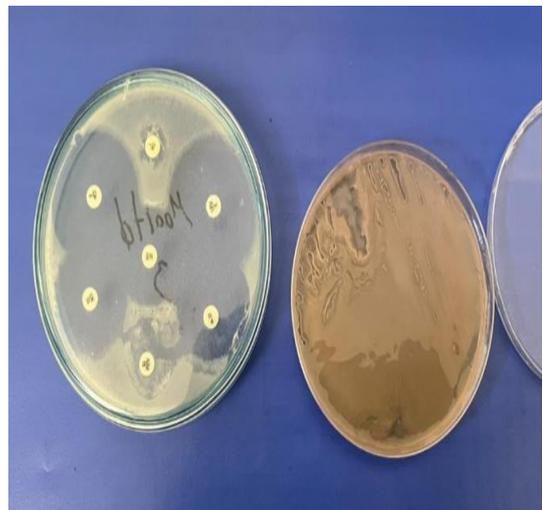
Escherichia coli y su antibiograma



Staphylococcus epidermidis y su antibiograma



Staphylococcus aureus y su antibiograma



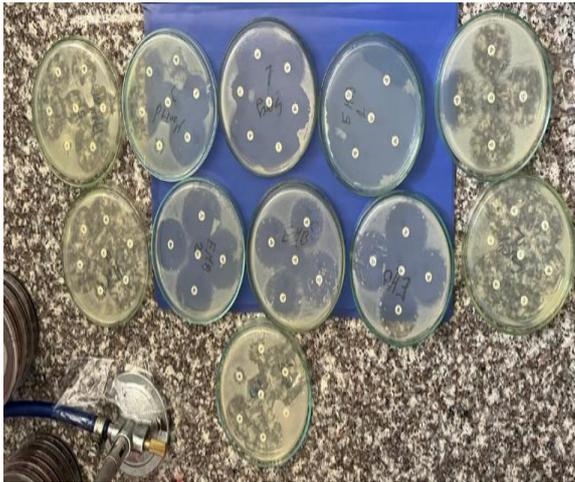
Antibiogramas realizados



Antibiogramas realizados



Antibiogramas realizados



Socialización a la población de Punín





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 16/ 05 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Marco Alejandro Pérez Vaca
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímico Farmacéutico
 BQF. Mónica Jimena Concha Gualla MSc. Director del Trabajo de Titulación  Dra. Adriana Monserrath Monge Moreno MSc Asesor del Trabajo de Titulación