



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

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA
PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD AIRÓN
CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

AUTORA: SANDRA ISABEL SAGÑAY LEMA

DIRECTOR: Bqf. MISHHELL CAROLINA MORENO SAMANIEGO M.Sc.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Sandra Isabel Sagñay Lema

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, Sandra Isabel Sagñay Lema, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora 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 diciembre del 2023.

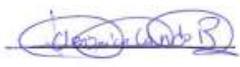


Sandra Isabel Sagñay Lema

0604627125

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, **ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD AIRÓN CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, realizado por la señorita: **SANDRA ISABEL SAGÑAY LEMA**, 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. Verónica Mercedes Cando Brito MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-07
BQF. Mishell Carolina Moreno Samaniego MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07
Dra. Sandra Noemí Escobar Arrieta MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-07

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación lo dedico a Dios y a mi familia por darme fuerza, inspiración, perseverancia, en los momentos que más difíciles de mi carrera estudiantil, sobre todo por darme el apoyo constante e incondicional en la culminación de mi trabajo de titulación. A mis padres Amalia y Francisco por su apoyo y cariño que con sus enseñanzas y valores pude luchar ante todos los obstáculos de la vida. A mi esposo e hijos por estar siempre acompañándome y estar presentes en mi vida lo cual son el pilar fundamental de mi carrera. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme los conocimientos prácticos y teóricos necesarios para aplicar ante la sociedad y ser una profesional con ética y valores. A las Doctoras Mishell Moreno y Sandra Escobar por brindarme sus conocimientos y orientación para el trabajo de investigación.

Sandra

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme amor, mucha abundancia y guiarme en el camino del bien para ser una profesional en la carrera de Bioquímica y Farmacia. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por su enseñanza constante y poder tener conocimientos necesarios para poder guiarme y ser un buen profesional ante la sociedad. A la junta de Agua de la comunidad de Airón cantón Chambo por la facilidad del desarrollo del presente trabajo de investigación, en especial al Sr. Fausto Olmedo presidente actual de la organización. A la Dra. Mishell Moreno por dedicar su tiempo, asesorarme y guiarme en el cumplimiento de este trabajo de titulación. Al grupo GIMA por ser parte del proyecto investigativo. A la Dra. Sandra Escobar por brindar su tiempo, colaborar y direccionarme también en el cumplimiento de este trabajo de titulación y ejecución de este proyecto. Por último, al Laboratorio de Análisis de Aguas de manejo de equipos a la Dra. Gina Álvarez y el laboratorio Clínico y Bacteriológico de la Facultad de Ciencias encargada Maritza Yáñez.

Sandra

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Marco conceptual.....	5
1.2.1 Agua potable.....	5
1.2.2 Coliformes totales.....	6
1.2.3 Coliformes fecales	6
1.2.4 Técnica de tubos múltiple o NMP.....	6
1.2.5 Técnica de filtración de membrana	7
1.2.6 Técnica de Petrifilm	7
1.2.7 Agua y su importancia	7
1.2.8 Tipos de agua.....	8
1.2.9 Composición de agua	9
1.2.10 Propiedades del agua	10
1.2.11 Calidad del agua.....	10
1.2.12 Calidad del agua de consumo humano	10
1.2.13 Factores que contaminan el agua de consumo humano	14
1.2.14 Indicadores físicos de la contaminación del agua	15
1.2.15 Indicadores químicos de la contaminación del agua.....	17
1.2.16 Indicadores microbiológicos de la contaminación del agua.....	20

1.2.17	<i>Bacteria</i>	20
1.2.18	<i>Hongos y aerobios mesófilos</i>	21
1.2.19	<i>Parásitos</i>	22
1.2.20	<i>Virus</i>	23
1.2.21	<i>Tipos de medio de cultivo</i>	23
1.2.22	<i>Principales medios de cultivo</i>	24
1.2.23	<i>Pruebas bioquímicas</i>	27
1.2.24	<i>Antibiograma</i>	31
1.2.25	<i>Resistencia bacteriana</i>	32
1.2.26	<i>Tinción Gram</i>	33
1.2.27	<i>Tinción Ziehl -Neelsen</i>	34
1.2.28	<i>Procesos de tratamiento para la obtención de agua potable</i>	34
1.2.29	<i>Tuberías para el transporte de agua potable</i>	35
1.2.30	<i>Bases legales</i>	36

CAPÍTULO II

2.	MARCO Metodológico	38
2.1	Localización	38
2.2	Diagnóstico actual del agua en la Comunidad de Airón	38
2.3	Tipo y diseño de la investigación	39
2.4	Población de estudio	40
2.4.1	<i>Ubicación de la zona de muestreo</i>	41
2.5	Flujograma de trabajo	43
2.6	Técnica de recolección de la muestra microbiológica	44
2.6.1	<i>Tratamiento de muestreo microbiológico</i>	44
2.7	Técnicas de muestreo	44
2.8	Técnicas empleadas en la caracterización física del agua	45
2.8.1	<i>Determinación de color aparente</i>	45

2.8.2	<i>Determinación de la turbiedad</i>	45
2.8.3	<i>Determinación de pH(químico), conductividad y solidos totales</i>	46
2.9	Técnicas empleadas en la caracterización química del agua	46
2.9.1	<i>Determinación de dureza</i>	46
2.9.2	<i>Determinación de alcalinidad</i>	46
2.9.3	<i>Determinación de calcio</i>	47
2.9.4	<i>Determinación de magnesio</i>	47
2.9.5	<i>Determinación de nitratos</i>	47
2.9.6	<i>Determinación de nitritos</i>	47
2.9.7	<i>Determinación de fluoruros</i>	48
2.9.8	<i>Determinación de sulfatos</i>	48
2.9.9	<i>Determinación de fosfatos</i>	48
2.9.10	<i>Determinación de hierro</i>	49
2.9.11	<i>Determinación de amonio</i>	49
2.9.12	<i>Determinación de cloro residual</i>	49
2.10	Parámetros microbiológicos	50
2.10.1	<i>Determinación de Coliformes totales y fecales por el método de NMP</i>	50
2.10.2	<i>Determinación de Coliformes totales y fecales por método de filtración de membrana</i>	51
2.10.3	<i>Aislamiento bacteriano de filtración de membrana</i>	53
2.10.4	<i>Preparación de medios de cultivo para el aislamiento bacteriano</i>	54
2.10.5	<i>Medios sólidos: Agar Nutritivo, Agar MacConkey, Agar EMB</i>	55
2.10.6	<i>Medio sólidos: Agar Hektoen y agar Salmonella Shigella</i>	55
2.10.7	<i>Medios solidos: Agar Sangre, Agar Baird Parker</i>	56
2.10.8	<i>Medios líquidos: Caldo lactosado, Caldo Bilis Verde Brillante, Caldo EC, Caldo SS, Caldo Nutritivo</i>	56
2.11	Aislamiento de bacterias	57
2.11.1	<i>Aislamiento en medios líquidos</i>	57
2.11.2	<i>Siembra por agotamiento</i>	57

2.12	Tinción Gram	57
2.13	Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias.....	58
2.13.1	<i>Siembra en tubo inclinado</i>	58
2.13.2	<i>Prueba de fermentación TSI (hierro Triple Azúcar), LIA, Citrato de Simmons, Urea, Manitol Salado</i>	58
2.13.3	<i>Prueba de SIM (movilidad, producción de indol y ácido sulfhídrico)</i>	59
2.13.4	<i>Procedimiento para prueba de catalasa</i>	59
2.13.5	<i>Prueba de oxidasa y coagulasa</i>	60
2.14	Resistencia bacteriana	60
2.14.1	<i>Procedimiento para el análisis parasitológico mediante el método de centrifugado para Giardia lamblia</i>	61
2.14.2	<i>Procedimiento para el análisis parasitológico mediante el método de centrifugado para Cryptosporidium parvum</i>	61
2.14.3	<i>Determinación de aerobios mesófilos, mohos y levaduras</i>	61
2.15	Materiales, equipos y reactivos	62
2.15.1	<i>Materiales</i>	62
2.15.2	<i>Equipos y reactivos</i>	63

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
3.1	Caracterización física.....	66
3.1.1	<i>Color</i>	66
3.1.2	<i>Turbiedad</i>	68
3.1.3	<i>Sólidos totales disueltos</i>	69
3.1.4	<i>Conductividad</i>	70
3.2	Caracterización química.....	71
3.2.1	<i>Dureza</i>	72
3.2.2	<i>Alcalinidad</i>	73
3.2.3	<i>Calcio y Magnesio</i>	74

3.2.4	<i>pH</i>	76
3.2.5	<i>Nitratos</i>	77
3.2.6	<i>Nitritos</i>	78
3.2.7	<i>Fluoruros</i>	80
3.2.8	<i>Cloro libre residual</i>	81
3.2.9	<i>Sulfatos</i>	82
3.2.10	<i>Fosfatos</i>	84
3.2.11	<i>Hierro</i>	85
3.2.12	<i>Amonio</i>	86
3.3	Coliformes totales y coliformes fecales por el método NMP	88
3.4	Coliformes totales y coliformes fecales por el método de filtración de membrana	89
3.5	Caracterización microbiológica	92
3.5.1	<i>Aislamiento de cepas bacterianas puras</i>	93
3.6	Tinción Gram	100
3.7	Pruebas bioquímicas	102
3.7.1	<i>Escherichia coli</i>	102
3.7.2	<i>Escherichia coli inactivo</i>	103
3.7.3	<i>Staphylococcus aureus</i>	104
3.7.4	<i>Salmonella paratyphi A</i>	105
3.8	Aerobios mesófilos	107
3.9	Hongos	108
3.10	Antibiogramas	109
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Muestreo realizado.....	40
Tabla 2-2: Materiales de laboratorio.....	62
Tabla 3-2: Análisis físico.....	63
Tabla 4-2: Análisis químico.....	63
Tabla 5-2: Análisis microbiológico.....	64
Tabla 1-3: Parámetros físicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo.....	66
Tabla 2-3: Cumplimiento del parámetro color en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	66
Tabla 3-3: Cumplimiento del parámetro turbiedad en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	68
Tabla 4-3: Cumplimiento del parámetro STD en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	69
Tabla 5-3: Cumplimiento del parámetro conductividad en contraste con la OMS -1995.....	70
Tabla 6-3: Parámetros químicos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo.....	71
Tabla 7-3: Cumplimiento del parámetro dureza en contraste con la norma OMS-1995.....	72
Tabla 8-3: Cumplimiento del parámetro alcalinidad en contraste con la norma de la OMS-1995.....	73
Tabla 9-3: Cumplimiento del parámetro calcio y magnesio en contraste con la norma de la OMS-1995.....	74
Tabla 10-3: Cumplimiento del parámetro pH en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	76
Tabla 11-3: Parámetros químicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo.....	77
Tabla 12-3: Cumplimiento del parámetro nitratos en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	77
Tabla 13-3: Cumplimiento del parámetro nitritos en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	78

Tabla 14-3: Cumplimiento del parámetro fluoruro en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020	80
Tabla 15-3: Cumplimiento del parámetro cloro libre residual en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020.....	81
Tabla 16-3: Parámetros químicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo	82
Tabla 17-3: Cumplimiento del parámetro sulfatos en contraste con la norma TULSMA	82
Tabla 18-3: Cumplimiento del parámetro fosfatos en contraste con la OMS-1995.....	84
Tabla 19-3: Cumplimiento del parámetro hierro en contraste con la norma TULSMA	85
Tabla 20-3: Cumplimiento del parámetro amonio en contraste con la norma OMS-1995	86
Tabla 21-3: Cumplimiento del parámetro coliformes totales y fecales en contraste con el TULSMA y Norma NTE INEN 1108:2020.....	88
Tabla 22-3: Cumplimiento del parámetro coliformes totales y fecales en contraste con el NORMA OFICIAL MEXICANA y NORMA NTE INEN 1108:2020	89
Tabla 23-3: Cumplimiento del parámetro de ausencia parásitos en contraste con la Norma NTE INEN 1108:2020.....	92
Tabla 24-3: Características de <i>Escherichia coli</i> en agar EMB	93
Tabla 25-3: Características de <i>Escherichia Coli</i> en agar Sangre	94
Tabla 26-3: Características de <i>Escherichia. coli</i> en Agar nutritivo	95
Tabla 27-3: Características de <i>Escherichia coli</i> en agar MacConkey.....	96
Tabla 28-3: Características de <i>Staphylococcus aureus</i> en agar sangre	97
Tabla 29-3: Características de <i>Staphylococcus aureus</i> en agar nutritivo.....	97
Tabla 30-3: Características de <i>Staphylococcus aureus</i> en agar Baird Parker	98
Tabla 31-3: Características de <i>Salmonella paratyphi a</i> en agar Sangre.....	98
Tabla 32-3: Características de <i>Salmonella paratyphi A</i> en agar MacConkey.....	99
Tabla 33-3: Características de <i>Salmonella paratyphi A</i> en agar Hektoen.....	99
Tabla 34-3: Pruebas bioquímicas en <i>Escherichia coli</i>	102
Tabla 35-3: Pruebas bioquímicas en <i>Escherichia. coli</i> inactiva	103
Tabla 36-3: Pruebas bioquímicas en <i>Staphylococcus aureus</i>	104
Tabla 37-3: Pruebas bioquímicas en <i>Salmonella paratyphi A</i>	105

Tabla 38-3: Cumplimiento del parámetro aerobios mesófilos en contraste con el código sanitario mexicano.....	107
Tabla 39-3: Medidas estadísticas de los parámetros para aerobios mesófilos en contraste con el código sanitario mexicano.....	107
Tabla 40-3: Cumplimiento del parámetro hongos en contraste con el código sanitario de República de Venezuela.....	108
Tabla 41-3: Medidas estadísticas de los parámetros para hongos en contraste con el código sanitario.....	109
Tabla 42-3: Antibiograma de bacterias aisladas.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano	12
Ilustración 2-1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano	14
Ilustración 3-1: Esquema de la identificación de los microorganismos	31
Ilustración 1-2: Comunidad Airón	38
Ilustración 2-2: Puntos de muestreo del agua en la Comunidad Airón	39
Ilustración 3-2: Diagrama de bloques del tratamiento actual del agua de la Comunidad Airón	39
Ilustración 4-2: Vertiente alta.....	41
Ilustración 5-2: Vertiente baja.....	41
Ilustración 6-2: Captación	41
Ilustración 7-2: Tanque de reservorio	41
Ilustración 8-2: Domicilio	42
Ilustración 9-2: Vivienda punto de muestreo	42
Ilustración 10-2: Vivienda punto de muestreo	42
Ilustración 11-2: Tanque de almacenamiento.....	42
Ilustración 12-2: Diagrama de flujo del procedimiento de análisis.....	43
Ilustración 13-2: Técnicas de recolección	44
Ilustración 14-2: Técnicas de muestreo.....	45
Ilustración 15-2: Determinación de coliformes totales y fecales por el método de NMP	50
Ilustración 16-2: Confirmación de coliformes totales y fecales por el método de NMP	51
Ilustración 17-2: Proceso para Coliformes totales y fecales por filtración de membrana	52
Ilustración 18-2: Aislamiento de <i>E. coli</i> por filtración de membrana	53
Ilustración 19-2: Proceso de Aislamiento microbiano	54
Ilustración 20-2: Preparación de medios de cultivo Agar Nutritivo, Agar MacConkey, Agar EMB	55
Ilustración 21-2: Preparación de medios de cultivo Agar Hektoen y Agar <i>Salmonella Shigella</i>	55
Ilustración 22-2: Preparación de medios de cultivo Agar Sangre, Agar Baird Parker	56

Ilustración 23-2: Preparación de medios de cultivo Caldo Lactosado, Caldo Bilis Verde Brillante, Caldo EC, Caldo SS, Caldo Nutritivo	56
Ilustración 24-2: Siembra en agua de Peptona y caldo Nutritivo	57
Ilustración 25-2: Siembra en medios de cultivos sólidos	57
Figura 26-2: Proceso para tinción Gram.....	57
Ilustración 27-2: Siembra en pico de flauta.....	58
Ilustración 28-2: Siembra en pico de flauta TSI, LIA, Citrato, Urea, Manitol Salado.....	58
Ilustración 29-2: Siembra en pico de flauta SIM.....	59
Ilustración 30-2: Proceso para prueba de Catalasa.....	59
Ilustración 31-2: Proceso de prueba de oxidasa y coagulasa.....	60
Ilustración 32-2: Proceso para resistencia bacteriana.....	61
Ilustración 33-2: Procedimiento para determinar <i>Giardia lamblia</i>	61
Ilustración 34-2: Procedimiento para determinar <i>Cryptosporidium parvum</i>	61
Ilustración 35-2: Procedimiento para aerobios mesófilos, mohos y levaduras en Placas Petri Film	62
Ilustración 1-3: Cumplimiento del parámetro color en contraste con la norma NTE INEN 1108	67
Ilustración 2-3: Cumplimiento del parámetro turbiedad en contraste con la norma NTE INEN 1108.....	68
Ilustración 3-3: Cumplimiento del parámetro STD en contraste con la norma NTE INEN 1108	69
Ilustración 4-3: Cumplimiento del parámetro conductividad en contraste con la OMS.	70
Ilustración 5-3: Cumplimiento del parámetro dureza en contraste con la OMS.	72
Ilustración 6-3: Cumplimiento del parámetro alcalinidad en contraste de la OMS.	73
Ilustración 7-3: Cumplimiento del parámetro calcio y magnesio en contraste dada por la OMS.	75
Ilustración 8-3: Cumplimiento del parámetro pH en contraste con la norma NTE INEN 1108.	76
Ilustración 9-3: Cumplimiento del parámetro nitratos en contraste con la norma NTE INEN 1108.....	78

Ilustración 10-3: Cumplimiento del parámetro nitritos en contraste con la norma NTE INEN 1108.....	79
Ilustración 11-3: Cumplimiento del parámetro fluoruro en contraste con la norma NTE INEN 1108.....	80
Ilustración 12-3: Cumplimiento del parámetro cloro libre residual en contraste con la norma NTE INEN 1108.	81
Ilustración 13-3: Cumplimiento del parámetro sulfatos en contraste con la norma TULSMA.	83
Ilustración 14-3: Cumplimiento del parámetro fosfatos en contraste con la OMS-1995.....	84
Ilustración 15-3: Cumplimiento del parámetro hierro en contraste con la norma TULSMA. ..	85
Ilustración 16-3: Cumplimiento del parámetro amonio en contraste con la OMS-1995.....	86
Ilustración 17-3: Tinción Gram negativo (coloraciones rosadas <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella paratyphi tipo A</i>) y Tinción Gram positivo (coloración azul <i>Staphylococcus aureus</i>).....	101
Ilustración 18-3: Tinción de <i>Staphylococcus aureus</i>	101
Ilustración 19-3: <i>Salmonella paratyphi tipo A</i>	101

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: LUGAR DE MUESTREO

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL AGUA

ANEXO C: PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO LÍQUIDOS

ANEXO D: PREPARACIÓN DE MEDIOS DE SÓLIDOS

ANEXO E: INCUBACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO SOLIDOS Y LÍQUIDOS

ANEXO F: TINCIÓN GRAM

ANEXO G: DETERMINACIÓN DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS

ANEXO H: TÉCNICAS DE NMP Y FILTRACION DE MEMBRANA

ANEXO I: TÉCNICAS DE PETRIFILM DE AEROBIOS MESÓFILOS

ANEXO J: TÉCNICAS DE PETRIFILM DE HONGOS (MOHOS Y LEVADURAS)

ANEXO K: TÉCNICA DE CENTRIFUGACIÓN PARA PARÁSITOS

ANEXO L: PREPARACIÓN DE ANTIBIOGRAMAS

RESUMEN

El estudio realizado en la comunidad de Airón, cantón Chambo, provincia de Chimborazo, tuvo como objetivo principal llevar a cabo un minucioso análisis físico-químico y microbiológico del agua destinada al consumo humano. Bajo el permiso de la Junta Administradora de agua potable del cantón Airón y siguiendo las directrices de la norma NTE INEN 1108:2020 "Agua potable. Requisitos", se evaluaron diversos parámetros en la red de distribución, abarcando físicos: color, turbidez, sólidos totales disueltos, conductividad; químicos: dureza, alcalinidad, calcio, pH, magnesio, nitratos, nitritos, fluoruros, cloro libre residual, sulfatos, fosfatos, hierro, amonio; finalmente, microbiológicos: NMP, filtración de membrana, determinación de parásitos por centrifugación. Los métodos utilizados, conforme a las normas "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" y el Método Hach, permitieron un análisis exhaustivo que incluyó aspectos microbiológicos como coliformes fecales y totales. Además, se llevaron a cabo técnicas especializadas, como la tinción Ziehl Neelsen para la determinación de parásitos y el aislamiento de bacterias relevantes como *Escherichia coli* activa e inactiva, *Salmonella paratyphi A* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados revelaron deficiencias significativas, con promedios de color del 25% (Pt-Co), turbidez del 25% en NTU, y un alarmante 100% de muestras incumpliendo las normas vigentes en fosfatos y hierro. En términos microbiológicos, se detectó una evidente contaminación fecal. En conclusión, los antibiogramas fueron utilizados para conocer la resistencia y sensibilidad de las bacterias frente a los antibióticos mediante el uso de discos de sensibilidad; por otro lado, se determinó que el agua en la comunidad de Airón no cumple con los estándares microbiológicos establecidos por la norma NTE INEN 1108:2020-04, para el consumo humano. Se recomienda realizar una correcta captación en las vertientes controles periódicos para evaluar la calidad del agua y la aplicación de soluciones efectivas en caso de contaminación, además un tratamiento con cloro orgánico.

Palabras clave: <PARÁMETRO>, <ESTÁNDAR>, <AGUA>, <BACTERIA>, <MICROBIOLÓGICA>.

2255-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

The main objective of the study conducted in the community of Airón in Chambo town, Chimborazo province, was to carry out a thorough physicochemical and microbiological analysis of water intended for human consumption. Under the permission of “La Junta Administradora de Agua Potable del Cantón Airón” and following the guidelines of NTE INEN 1108:2020 "Drinking water requirements", various parameters were evaluated in the distribution network. This included physical parameters such as color, turbidity, total dissolved solids, and conductivity; chemical parameters: hardness, alkalinity, calcium, pH, magnesium, nitrates, nitrites, fluorides, free residual chlorine, sulfates, phosphates, iron, ammonium; finally, microbiological parameters: NMP, membrane filtration, determination of parasites by centrifugation. The methods used, in accordance with the "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" and the Hach Method, allowed an exhaustive analysis that included microbiological aspects such as fecal and total coliforms. In addition, specialized techniques were carried out, such as Ziehl Neelsen staining for the determination of parasites and the isolation of relevant bacteria such as active and inactive *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi A*, and *Staphylococcus aureus*. The results revealed significant deficiencies of color averages in 25% (Pt-Co), turbidity of 25% in NTU, and an alarming 100% of samples failing to meet current standards for phosphates and iron. In microbiological terms, an evident fecal contamination was detected. In conclusion, antibiograms were used to determine the resistance and sensitivity of bacteria to antibiotics through the use of sensitivity discs. On the other hand, it was determined that the water in the community of Airón does not meet the microbiological standards established by NTE INEN 1108:2020-04 for human consumption. It is recommended to carry out a correct catchment in the springs, periodic controls to evaluate the quality of the water, the application of effective solutions in case of contamination, and the treatment with organic chlorine.

Key words: <PARAMETER>, <STANDARD>, <WATER>, <BACTERIA>, <MICROBIOLOGICAL>.

2255-DBRA-UPT-2023



Ledo. Romel Francisco Calles Jiménez

C.I 0603877713

INTRODUCCIÓN

Los problemas de salud vinculados al consumo de agua contaminada han sido exhaustivamente examinados. Además, el acceso al agua potable, un derecho universal y objetivo de desarrollo sostenible, solo está disponible para el 39% de la población ecuatoriana, evidenciando un desarrollo local deficiente en infraestructura para proveer este recurso. En Airón, una comunidad rural en el Cantón Chambo, la falta de recursos y gestión administrativa ha dejado a la comunidad sin un sistema de tratamiento adecuado para garantizar la calidad del agua consumida. Por ello, se llevaron a cabo análisis de calidad de agua, siguiendo las directrices de la norma INEN (Losada, Rueda y Martínez 2020).

En Airón, perteneciente al cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, el suministro de agua está para 735 habitantes, según el censo realizado por el instituto nacional de estadística y censo (INEC, 2010). Sin embargo, la distribución carece de tratamiento adecuado, desconociéndose la calidad microbiológica y potencial riesgo de enfermedades, lo que la excluye como agua apta para el consumo. El análisis integral de la calidad del agua en toda la red reveló parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos, informando a las autoridades locales y proponiendo mejoras en la distribución.

Desde una perspectiva científica, los resultados de este estudio proporcionarán conocimientos sobre el uso y calidad de las fuentes subterráneas de agua, permitiendo anticipar posibles riesgos de salud a corto y mediano plazo. La investigación servirá como base para planes locales que implementen estrategias para cumplir con los estándares de calidad del agua potable y promover políticas públicas nacionales para proteger a los consumidores de agua en áreas rurales.

Se evaluará la necesidad de medidas preventivas para mejorar las condiciones del agua potable en Airón, contribuyendo a los objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir y evitando riesgos futuros por un manejo inadecuado de los recursos. El control de la calidad del agua potable es esencial para el Estado ecuatoriano, buscando reducir enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada como disentería y parasitosis.

Los resultados beneficiarán directamente a la comunidad de Airón, mejorando los índices de enfermedades relacionadas con el consumo de agua contaminada y promoviendo el bienestar social de los habitantes rurales. Por lo tanto, se justifica la realización de este estudio, titulado "ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA PARA EL CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD AIRÓN CANTÓN CHAMBO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO", siguiendo las normativas establecidas. La factibilidad de la investigación se

respalda en el conocimiento del investigador, su acceso a la toma de muestras y a laboratorios, así como en la importancia de los estudios microbiológicos en Airón.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Analizar la calidad física, química, y microbiológica del agua entubada que consumen los habitantes de la comunidad de Airón del cantón Chambo en la Provincia de Chimborazo.

Objetivos Específicos

- Evaluar los parámetros físico-químicos del agua de la comunidad de Airón cantón Chambo, Provincia de Chimborazo; en base a la norma NTE INEN 1108:2020.
- Determinar la calidad microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia, según lo establece la NTE INEN 1108:2020.
- Determinar la sensibilidad antibiótica de las cepas bacterianas patógenas encontradas en las muestras de agua.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

Los antecedentes de este estudio se enmarcan en la creciente preocupación mundial por la calidad del agua destinada al consumo humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sido una entidad clave en la investigación y documentación de la contaminación del agua a nivel global. Según datos de la OMS, un porcentaje significativo de la población mundial enfrenta riesgos para la salud debido al consumo de agua contaminada. Se estima que aproximadamente el 80% de las enfermedades transmitidas por el agua se deben a la ingesta de agua contaminada con patógenos y sustancias químicas nocivas.

Dentro de las cepas bacterianas identificadas por la OMS como particularmente perjudiciales para la salud humana se encuentran *Escherichia coli*, *Salmonella*, y *Staphylococcus aureus*. Estas bacterias pueden provocar diversas enfermedades gastrointestinales, infecciones respiratorias y, en casos extremos, afectar el sistema nervioso central.

A nivel nacional, la Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA) ha realizado estudios sobre la calidad del agua en diversas regiones del Ecuador. Sus informes indican que un porcentaje significativo de las fuentes de agua presenta niveles de contaminación que superan los límites permitidos por las normativas de calidad. Estos porcentajes varían según la región, pero en general, la problemática de la contaminación del agua es una realidad que afecta a diversas comunidades.

En el contexto específico de la comunidad Airón, ubicada en el Cantón Chambo de la Provincia de Chimborazo, la falta de acceso a agua potable de calidad ha generado preocupaciones locales. La ausencia de un sistema de tratamiento adecuado y la dependencia de fuentes de agua sin control de calidad representan un riesgo potencial para la salud de los habitantes. La investigación actual busca abordar esta problemática mediante un análisis físico-químico y microbiológico detallado del agua de consumo en Airón, evaluando su conformidad con las normativas vigentes y proponiendo medidas correctivas en colaboración con las autoridades locales.

A nivel provincial, se tiene la investigación efectuada por (Ortiz y Quito 2021; Molina 2016) cuyo objetivo fue la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en el Cantón Chunchi, provincia de Chimborazo. En esta investigación, se efectuaron

análisis de pH, turbidez, conductividad y sólidos totales; así como coliformes fecales y totales. Se obtuvo que más del 70% de las muestras de agua incumplen con la calidad microbiológica, observando incluso la presencia de parásitos. Finalmente, se estableció que el agua no es apta para el consumo humano.

Por otra parte, (Oleas 2016) realizaron un estudio donde se tuvo como objetivo evaluar la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural Cubijíes del cantón Riobamba. Se determinó si el agua es apta para el consumo humano. Los parámetros determinados fueron físicos (temperatura, conductividad y sólidos totales disueltos), químicos (pH, nitritos, nitratos y fluoruros) y microbiológicos (Coliformes fecales), concluyendo que el agua no es apta para el consumo, recomendando en consecuencia, efectuar algún tipo de tratamiento de desinfección.

En el estudio de (Aguilar 2017), que tuvo como objetivo realizar una evaluación de la disponibilidad y calidad de agua de los páramos del Volcán Igualata para el consumo humano de la Parroquia San Isidro de Patulú del cantón Guano en la Provincia de Chimborazo, se determinó que a pesar de que el agua es apta para el consumo en las comunidades, se encontró elevadas cantidades de hierro y fosfatos, por lo que se recomendó incorporar un sistema de ventilación y efectuar el mantenimiento en los sistemas de distribución local.

Finalmente, en el estudio de (Tibanquiza 2018), se tuvo como objetivo evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua potable de la Junta Administradora San José de Puñachizag del Cantón Quero en la Provincia de Tungurahua, se analizó pH, temperatura, color, conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y turbiedad; mientras que los análisis químicos fueron: nitritos, nitratos, flúor, fosfatos, amonio, dureza y cloruros; así como análisis microbiológicos. Como resultado, más del 70% de las muestras analizadas presentan coliformes fecales por encima de lo establecido en la norma. Concluyendo que, en general, el agua no es apta para el consumo; por lo que se recomendó evaluar la efectividad del tratamiento que se realiza actualmente.

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Agua potable

Se define como agua potable a aquella que ha sido sometida a varios procesos de tratabilidad para eliminar todo tipo de impurezas y contaminantes que pueden ser dañinos para la salud del ser humano. Mediante estos procesos de tratamiento se puede obtener agua pura y segura para el

consumo humano cuyas características físicas, químicas y microbiológicas cumplan con valores referenciales de calidad (Reyes 2020).

1.2.2 Coliformes totales

Los coliformes totales son un grupo de bacterias de la familia Enterobacterias y que han sido utilizadas durante muchas décadas como el indicador idóneo para el agua potable. El grupo se define como aeróbico y anaeróbico facultativamente, Gram negativo, no formador de esporas, bacterias de forma redondeada que fermentan la lactosa del azúcar lácteo para producir ácido y gas en el plazo de 48 horas a 35 °C. Pocas bacterias distintas de las coliformes pueden metabolizar los lácteos; por esta razón, la lactosa se usa como base para la identificación. El grupo de coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Welsiella* y *Escherichia coli*. La mayoría de las bacterias están muy diseminadas en el ambiente, incluyendo el agua potable y las aguas residuales (Plúas et al. 2020).

1.2.3 Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subconjunto del grupo coliformes totales. *Escherichia coli* es el mayor subconjunto del grupo coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su capacidad para crecer a elevadas temperaturas 44.5 °C y por la capacidad de la *Escherichia coli* para producir la enzima glucoronidasa. Ambos coliformes los fecales y la *Escherichia coli* son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal humana y animal (Plúas et al. 2020).

1.2.4 Técnica de tubos múltiple o NMP

También conocida como técnica de dilución en tubo, nos ayuda a determinar la presencia de patógenos en muestras de agua y proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente en donde los límites de confianza son bajos y altos; son valores que no se suman ni restan al resultado, solamente son un dato de calidad. La técnica del NMP consiste en la inoculación de una muestra de agua diluida en tubos que contienen medio de cultivo líquido selectivo, para saber si presenta algún tipo de contaminación bacteriana. Es importante que la muestra sea enviada en una bolsa de cierre hermético o frasco estériles para evitar cualquier contaminación externa.(Sambachi 2021).

1.2.5 Técnica de filtración de membrana

Consiste en hacer pasar un volumen determinado de una muestra líquida a través de un filtro de membrana micro porosa 0.45 μm , en cuya superficie quedarán retenidos los microorganismos, colocado en un equipo de filtración y con la ayuda de una bomba eléctrica, ejercer una presión diferencial sobre la muestra de agua haciendo que se filtre. Los filtros de membrana son filtros de superficie con una estructura micro porosa precisa. Durante la filtración, los microorganismos con un tamaño mayor que los poros de la membrana son retenidos en la superficie de la misma; si bien las partículas y microorganismos más pequeños pueden pasar a través del filtro. Por lo general, los filtros están compuestos de ésteres de celulosa (Reyes 2020).

1.2.6 Técnica de Petrifilm

Es un método alternativo para el recuento de microorganismos en los controles microbiológicos de muestras de aguas y alimentos; así como también de superficies y ambientes. Consiste en un método rápido y confiable pues evita la preparación de medios de cultivos tradicionales ya que las placas vienen listas para usarse con los nutrientes necesarios para cada tipo de microorganismo; adicional a ello es método que ahorra espacio en el laboratorio (incubadora) debido al diseño compacto de las placas (Arones 2019).

1.2.7 Agua y su importancia

El agua es un componente esencial para la vida humana, siendo vital para la salud y el bienestar. No solo es fundamental para la hidratación y el funcionamiento adecuado de nuestros órganos, sino que también juega un papel esencial en la prevención de enfermedades y la promoción de la higiene personal. Sin un suministro adecuado de agua limpia y segura, se verían comprometidos aspectos fundamentales de la salud pública, destacando la importancia crucial del agua en el sustento de la vida humana (Sosa 2022).

En el ámbito económico, el agua desempeña un papel trascendental. La agricultura, la industria y otras actividades económicas dependen en gran medida del acceso a recursos hídricos. La producción de alimentos, la generación de energía y la fabricación de bienes requieren un suministro constante de agua. Así, el agua no solo es un recurso esencial para la supervivencia cotidiana, sino que también impulsa el desarrollo económico y la prosperidad de las sociedades (Palacios y Velastegui 2020).

Los ecosistemas acuáticos, desde ríos hasta océanos, son cunas de una increíble diversidad biológica. Estos hábitats acuáticos albergan una variedad de especies animales y vegetales, muchas de las cuales dependen directamente del agua para sobrevivir. La biodiversidad en los ecosistemas acuáticos contribuye a la estabilidad ambiental, y la salud de estos sistemas impacta directamente en la salud de todo el planeta (Cañete 2019).

El agua participa activamente en el ciclo hidrológico, un proceso natural que incluye la evaporación, la condensación y las precipitaciones. Este ciclo no solo regula el suministro de agua dulce, sino que también influye en los patrones climáticos a nivel global. La gestión sostenible del agua es, por lo tanto, esencial para mantener el equilibrio climático y prevenir eventos climáticos extremos (Cañete 2019).

El agua no solo es un recurso vital, sino que también ofrece oportunidades para actividades recreativas y culturales. Desde la recreación en playas y lagos hasta celebraciones culturales y ceremonias vinculadas al agua, este recurso desempeña un papel significativo en la calidad de vida, el ocio y la conexión con las raíces culturales de diversas comunidades alrededor del mundo (Cañete 2019).

1.2.8 Tipos de agua

1.2.8.1 Agua salada

Compone aproximadamente el 97.5% del total de agua en la Tierra. Representa la mayor proporción, pero su contenido de sales la hace no apta para el consumo directo (Peña y Araya 2021).

1.2.8.2 Agua dulce

Conforma alrededor del 2.5% del total de agua en la Tierra. Aunque es un porcentaje menor, es crucial para la vida humana y ecosistemas (Pauta et al. 2019).

1.2.8.3 Agua subterránea

Se encuentra debajo de la superficie terrestre en acuíferos y capas freáticas. Representa una parte significativa del agua dulce disponible, siendo esencial para el suministro de agua potable (Cerón et al. 2021).

1.2.8.4 Agua superficial

Presente en ríos, lagos y embalses en la superficie terrestre. Aporta de manera vital al suministro de agua para usos diversos, como riego y abastecimiento de ciudades (Cerón et al. 2021).

1.2.8.5 Agua de lluvia

Resulta de la condensación del vapor de agua atmosférico que cae a la Tierra. Contribuye al recambio de agua en lagos y ríos, pero su porcentaje específico puede variar según la región (Cerón et al. 2021).

1.2.8.6 Agua glaciár

Agua en forma de hielo en glaciares y casquetes polares. Aunque no se utiliza directamente, su fusión contribuye al suministro de agua dulce y afecta el nivel del mar (Cerón et al. 2021).

1.2.8.7 Agua mineral

Se encuentra en yacimientos subterráneos y se embotella directamente de la fuente. Representa una pequeña fracción, pero es una fuente específica de agua segura y con minerales. La distribución y disponibilidad de estos tipos de agua varían geográficamente, y su gestión sostenible es crucial para abordar las crecientes demandas de agua en todo el mundo. La comprensión de estos porcentajes es esencial para una planificación adecuada y la conservación de nuestros recursos hídricos (Cerón et al. 2021).

1.2.9 Composición de agua

El agua se compone por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno en proporción de 1:8 en masa y de 2:1 en volumen (H₂O). La molécula de agua libre y aislada es triangular, y el ángulo de los dos enlaces (H-O-H) es de 104,5°; siendo la distancia del enlace O-H de 0,96 Å. El enlace en la molécula se puede considerar covalente con cierta participación del enlace iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos que la forman. Sin embargo, más importante que los componentes del agua son los contaminantes que contiene, ya que los que normalmente se consideran insignificantes pueden afectar su calidad y su posible uso (Daga, Fernández y Reyna 2020).

1.2.10 Propiedades del agua

Entre las propiedades físicas más comunes del agua, se encuentran varias características que definen su estado y comportamiento. El agua puede existir en tres estados físicos distintos: sólido, líquido o gaseoso. En su estado líquido, el agua es incolora, insípida e inodora. Sus puntos de congelación y fusión son de 0°C, mientras que el punto de ebullición se sitúa en 100°C a una presión atmosférica normal. La presión crítica del agua es de 217,5 atmósferas, y su temperatura crítica alcanza los 374°C. Además, el agua presenta un punto de fusión de 0°C y un calor de vaporización de 539 cal/g a 100°C. Su calor específico es de 1 cal/g, lo que indica la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius. Estas propiedades físicas son fundamentales para comprender el comportamiento único del agua en diferentes condiciones y son clave en diversos campos científicos y aplicaciones prácticas (Apella y Araujo 2019).

1.2.11 Calidad del agua

Podemos definir la calidad del agua como un atributo que está en función del uso que se le asigne a la misma, por ejemplo: agua potable, riego, industrial o recreación; lo que conlleva a la existencia de estándares de calidad específicos para cada tipo de agua. Por tanto, podemos decir que la calidad del agua va a depender de la fuente de origen del agua bruta y del uso que se asigne a la misma (Pauta et al. 2019).

1.2.12 Calidad del agua de consumo humano

La calidad del agua destinada al consumo humano es una preocupación fundamental, ya que el acceso a agua potable segura es esencial para la salud pública y el bienestar general. La evaluación de la calidad del agua implica un análisis minucioso de diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos para garantizar que cumpla con los estándares establecidos por las normativas y regulaciones correspondientes (Ortiz y Quito 2021).

Los parámetros físicos abarcan características como el color, la turbidez, los sólidos disueltos, la conductividad, la dureza, y otros aspectos que afectan las propiedades visuales y sensoriales del agua. Por otro lado, los parámetros químicos incluyen la presencia y concentración de sustancias como nitritos, nitratos, flúor, sulfatos, fosfatos, hierro, amonio, entre otros, cuyos niveles deben estar dentro de límites seguros para el consumo humano (Huaman et al. 2020).

La evaluación microbiológica es esencial para detectar la presencia de microorganismos patógenos, como coliformes fecales y totales, que son indicadores de contaminación fecal y representan riesgos significativos para la salud. Además, se realizan análisis parasitológicos para identificar posibles agentes parasitarios que podrían estar presentes en el agua (Huaman et al. 2020).

Es fundamental destacar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece directrices y estándares internacionales para la calidad del agua potable, garantizando que sea segura y apta para el consumo humano. Estos estándares abordan aspectos como la presencia de sustancias químicas, contaminantes microbiológicos y propiedades físicas (Loza et al. 2007).

1.2.12.1 Calidad microbiológica del agua

La calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano es un aspecto crítico para salvaguardar la salud pública. La presencia de microorganismos patógenos en el agua puede representar un riesgo significativo para quienes la consumen, causando enfermedades transmitidas por agua. La evaluación de la calidad microbiológica implica la detección y cuantificación de bacterias, virus, protozoos y otros microorganismos que podrían comprometer la seguridad del agua (Yumbo et al. 2018).

Uno de los indicadores clave de contaminación microbiológica en el agua son los coliformes fecales y totales. Estos microorganismos son utilizados como señales de la posible presencia de patógenos, ya que su existencia sugiere contaminación fecal. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece estándares internacionales para la concentración permisible de coliformes fecales en el agua potable, con el objetivo de garantizar que se mantenga libre de microorganismos que puedan causar enfermedades gastrointestinales (Yumbo et al. 2018).

Además de los coliformes, se llevan a cabo análisis específicos para identificar la presencia de patógenos específicos como *Escherichia coli*, *Salmonella*, y otros agentes infecciosos. Estos microorganismos pueden ser responsables de brotes de enfermedades gastrointestinales graves y, por lo tanto, su detección temprana es crucial (Plúas et al. 2020).

Los métodos para evaluar la calidad microbiológica del agua incluyen técnicas de cultivo, como la prueba de presencia-ausencia y la técnica del número más probable, así como métodos más avanzados como la PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) para la identificación específica de microorganismos patógenos (Plúas et al. 2020).

La gestión efectiva de la calidad microbiológica del agua implica una combinación de monitoreo regular, tratamiento adecuado, y medidas preventivas para evitar la contaminación. La conciencia pública sobre la importancia de consumir agua microbiológicamente segura, junto con la implementación de prácticas adecuadas de tratamiento y distribución, son esenciales para garantizar que el suministro de agua cumpla con los estándares de calidad y contribuya a la prevención de enfermedades transmitidas por agua (Plúas et al. 2020).

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo ^a
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b Standard Methods 9222 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623
^a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado. ^b La ausencia corresponde a "< 1,1 NMP/100 mL". ^c La ausencia corresponde a "< 1 UFC/100 mL".			

Ilustración 1-1: Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano

Fuente: (INEN, 2020).

1.2.12.2 Calidad química del agua

La calidad química del agua destinada al consumo humano es un componente esencial para asegurar la salud y el bienestar de la población. Dicha calidad se evalúa mediante el análisis de diversos parámetros químicos que abarcan desde la presencia de elementos naturales hasta la detección de contaminantes químicos indeseados. El seguimiento y cumplimiento de estándares internacionales, como los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), son fundamentales para garantizar la seguridad y aptitud del agua para el consumo humano (Sosa 2022).

Entre los parámetros químicos evaluados se encuentran la concentración de sustancias como nitratos, nitritos, flúor, sulfatos, fosfatos, hierro y amonio, entre otros. La presencia de estos elementos se controla rigurosamente para evitar riesgos para la salud humana, ya que concentraciones elevadas de ciertas sustancias pueden tener efectos adversos (Guarderas y Llaque 2021).

Los nitratos y nitritos, por ejemplo, son monitoreados debido a su relación con la contaminación agrícola y su potencial para afectar la calidad del agua. El flúor es otro componente crítico, ya que su concentración debe estar dentro de rangos específicos; niveles inadecuados pueden causar problemas dentales o, en exceso, generar riesgos para la salud (Guarderas y Llaque 2021).

La evaluación de la calidad química también aborda contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales pesados y otros compuestos químicos que podrían estar presentes en el agua. La detección temprana de estas sustancias es esencial para aplicar medidas correctivas y garantizar que el agua sea segura para el consumo (Guarderas y Llaque 2021).

La implementación de tecnologías de tratamiento adecuadas, como la potabilización del agua, contribuye a mantener la calidad química en niveles aceptables. Además, el monitoreo constante de los cuerpos de agua y la mejora de la infraestructura de suministro son acciones cruciales para prevenir la presencia de contaminantes químicos y garantizar un suministro de agua confiable y seguro para la población.(Tibanquiza 2018).

1.2.12.3 Calidad física del agua

La calidad física del agua destinada al consumo humano es un factor determinante para garantizar su aptitud y seguridad. La evaluación de esta calidad implica el análisis de parámetros físicos que abordan características visuales y sensoriales, así como propiedades fundamentales del agua (Silva, Rodríguez y Sousa 2020).

Uno de los aspectos clave en la calidad física del agua es su estado físico, que puede ser sólido, líquido o gaseoso. En el contexto del consumo humano, el agua en estado líquido es la forma predominante y deseada. Además, propiedades como el color, sabor y olor son evaluadas para asegurar que el agua sea incolora, insípida e inodora, respectivamente. La presencia de colores, sabores u olores inusuales puede indicar la presencia de contaminantes o impurezas (Silva, Rodríguez y Sousa 2020).

Otros parámetros físicos cruciales incluyen el punto de congelación y ebullición del agua, que son 0°C y 100°C a nivel del mar, respectivamente. La presión y la temperatura críticas son propiedades que describen las condiciones extremas bajo las cuales el agua puede existir en sus diferentes estados físicos. Estos datos son fundamentales para comprender el comportamiento del agua en distintas circunstancias (Tibanquiza 2018).

Asimismo, propiedades como el punto de fusión, el calor de vaporización y el calor específico son indicadores de la capacidad del agua para cambiar de estado y su capacidad térmica. Estos factores tienen implicaciones directas en los procesos de tratamiento y distribución del agua para consumo humano (Tibanquiza 2018).

La evaluación de la calidad física del agua se realiza mediante métodos estandarizados que permiten medir con precisión estos parámetros. El cumplimiento de estándares internacionales, como los establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), es esencial para asegurar que el agua destinada al consumo humano cumpla con los requisitos físicos necesarios para salvaguardar la salud de la población. La implementación de tecnologías de tratamiento y la vigilancia constante de los cuerpos de agua son prácticas cruciales para mantener y mejorar la calidad física del agua de consumo (Organización Mundial de la Salud 2011).

Parámetro	Unidad	Límite permitido ^b	Método de ensayo ^c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad ^a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

Ilustración 2-1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano

Fuente: (INEN 2020).

1.2.13 Factores que contaminan el agua de consumo humano

La contaminación del agua destinada al consumo humano es un problema ambiental de gran magnitud que compromete la salud pública. Diversos factores contribuyen a esta problemática, afectando la calidad del agua y poniendo en riesgo la salud de quienes la consumen (Badii et al. 2018). Entre los principales factores que contaminan el agua de consumo humano se encuentran:

Descargas industriales: La liberación de desechos industriales sin un tratamiento adecuado puede introducir sustancias químicas tóxicas y metales pesados en los cuerpos de agua, afectando la calidad del agua potable.

Agricultura y uso de agroquímicos: La utilización intensiva de fertilizantes, pesticidas y herbicidas en la agricultura puede dar lugar a la escorrentía de sustancias químicas al agua, causando contaminación y afectando la salud humana.

Residuos domésticos y urbanos: La gestión inadecuada de desechos sólidos y líquidos provenientes de áreas urbanas puede dar lugar a la contaminación del agua con microorganismos patógenos y productos químicos provenientes de detergentes, productos de limpieza, entre otros.

Descargas de aguas residuales: Las aguas residuales provenientes de sistemas de alcantarillado y sistemas sépticos, si no se tratan correctamente, pueden introducir patógenos y contaminantes químicos en los cuerpos de agua.

Actividades mineras: La minería sin un adecuado control ambiental puede generar la liberación de metales pesados y sustancias químicas tóxicas en los cuerpos de agua, afectando la calidad del agua potable.

Cambio climático: Los cambios en los patrones climáticos pueden influir en la calidad del agua, afectando la disponibilidad de recursos hídricos y propiciando fenómenos como inundaciones y sequías que impactan la calidad del agua.

Vertidos de petróleo: Derrames de petróleo en cuerpos de agua, ya sea por accidentes o actividades humanas irresponsables, representan una seria amenaza para la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos (Salas et al. 2020).

La gestión adecuada de estos factores es esencial para preservar la calidad del agua de consumo humano. La implementación de políticas ambientales, tecnologías de tratamiento avanzadas y prácticas sostenibles son medidas clave para mitigar la contaminación del agua y garantizar el acceso a agua potable segura para la población (Salas et al. 2020).

1.2.14 Indicadores físicos de la contaminación del agua

1.2.14.1 Temperatura

La temperatura retarda o acelera la actividad biológica, absorción de oxígeno y dióxido de carbono de la atmósfera influyendo en la propagación de diversas algas, precipitación de compuestos, procesos de mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección por cloro (Yumbo et al. 2018).

1.2.14.2 Color

El color se lo puede determinar cómo color verdadero una vez eliminado la turbiedad del agua y se realiza mediante espectrofotometría o comparación visual, para la cual se pueden emplear soluciones patrones de platino cobalto y la unidad de color producida por 1mg/L de platino en la forma de ion cloro-platino que se puede aplicar en todos los tipos de agua. Cabe mencionar que

la determinación del color es un parámetro estandarizado en agua potable de ≤ 15 Unidad de color (UC) para el consumo humano y doméstico previo tratamiento (Yumbo et al. 2018).

1.2.14.3 Olor y sabor

El sabor y presencia de olor en el agua se debe a la existencia de materia orgánica generada por bacterias y algas, vegetación en descomposición, plancton, sustancias químicas volátiles; así como también se debe a la presencia de metales como el zinc, manganeso, cobre y hierro. Las sales específicas pueden ser más significativas en términos de sabor como el cloruro de magnesio y bicarbonato de magnesio. El fluoruro también puede provocar un sabor peculiar a partir de 2,4 mg/l (Tibanquiza 2018).

1.2.14.4 Sólidos totales disueltos

Es una medida de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; también se define como la cantidad de residuos remanentes después de la evaporación del agua. En general las aguas con sólidos totales disueltos menor que 1200 mg/l son aceptables para los consumidores (Tibanquiza 2018).

1.2.14.5 Turbiedad

La turbiedad del agua se debe al material suspendido y calidad ya sea por la arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica. De modo que la turbiedad es la propiedad óptica que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, para lo cual se emplea el método nefelométrico que compara la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones, de modo que a mayor intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad, para ello se emplea un turbidímetro en el que se ofrece una lectura en unidades de NTU/L (Tibanquiza 2018).

1.2.14.6 Conductividad

La conductividad del agua es una medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica. Este parámetro es crucial para evaluar la calidad del agua, ya que está directamente relacionado con la cantidad de sales disueltas, iones y otros componentes en el agua. La conductividad se expresa en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o en milisiemens por centímetro (mS/cm) (Tibanquiza 2018).

1.2.15 Indicadores químicos de la contaminación del agua

1.2.15.1 pH

El pH mide la concentración de iones hidronio que están en el agua, esta medida depende de la temperatura, para lo cual se emplea un pHmetro el cual se calibra potenciométricamente con un electrodo indicador de vidrios y uno de referencia. Para ejecutar el proceso se debe colocar el aparato e introducir el electrodo a la muestra del agua, posteriormente se debe agitar suavemente para facilitar el equilibrio entre el electrodo y la muestra, de modo que los resultados se obtienen directamente en la pantalla del equipo y se expresa en dos cifras decimales (Severiche, Castillo y Acevedo 2013).

1.2.15.2 Dureza

La dureza del agua se debe principalmente a la presencia de sales como el carbonato de calcio y magnesio, aunque los iones de aluminio, hierro, manganeso, estroncio y zinc pueden contribuir si están en concentraciones elevadas. Un agua muy dura se caracteriza por presentar valores de 300 mg/L de carbonato de calcio, si los valores oscilan entre 75 y 150 mg/L estamos hablando que el agua es medianamente dura y por debajo de 75 mg/ L el agua se considera blanda. El principal problema de la dureza en el agua es la presencia de una sal blanca y dura que se puede observar en las tuberías, grifos y duchas; en el caso de no ser tratada podría provocar taponamiento con el pasar del tiempo (Molina 2016).

1.2.15.3 Alcalinidad

La alcalinidad del agua es un parámetro importante que indica su capacidad para resistir cambios en el pH, es decir, su capacidad para mantener una condición básica o alcalina. Se mide en términos de equivalentes de carbonato de calcio por litro (mg CaCO₃/L) o en partes por millón (ppm) (Molina 2016).

1.2.15.4 Calcio y magnesio

El calcio y el magnesio son dos minerales que, cuando se presentan en el agua en cantidades significativas, son considerados parámetros importantes en el análisis de la calidad del agua. A menudo, se evalúan estos elementos en el contexto de la dureza del agua, que es una medida de la concentración de iones de calcio y magnesio en el agua (Molina 2016).

1.2.15.5 Nitratos

Indican contaminación agrícola, ya que son componentes importantes de los fertilizantes, se originan por oxidación del amonio y de otras fuentes presentes en restos orgánicos. Niveles superiores a 10 mg/L ocasionan enfermedades, por lo tanto, son dañinos para la salud humana. La presencia de nitratos en el agua dulce también favorece el crecimiento de algas (Molina 2016).

1.2.15.6 Nitritos

El nitrógeno de los nitritos raras veces aparece en concentraciones mayores a 1 mg/L, aun en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas superficiales y subterráneas su concentración por lo general es menor de 0,1 mg/L. Su presencia indica procesos activos biológicos en el agua, ya que es fácil y rápidamente convertido en nitrato. Los nitritos indican contaminación bacteriológica (Molina 2016).

Para medir este parámetro se usa la técnica de Zambelli, el cual se basa en la reacción del ácido sulfanílico, en medio clorhídrico, en presencia de ion amonio y fenol, con el grupo NO₂. Este parámetro puede ser medido espectrofotométricamente a una longitud de onda de 425 nm cuya absorción es la concentración de nitritos en la muestra. Lo cual se puede aplicar para cualquier tipo de agua, no obstante, el parámetro aceptable en agua potable o agua para el consumo humano es ≤ 0.1 mg/L. Para ello se puede usar directamente el espectrofotómetro que expresa el resultado en tres cifras decimales (Severiche, Castillo y Acevedo 2013).

1.2.15.7 Sulfatos

El ión sulfato (SO₄), corresponde a sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces tienen una concentración entre 2 y 250 ppm. En cantidades bajas no perjudica seriamente, pero algunos centenares de ppm pueden disminuir la resistencia del hormigón. Su eliminación se realiza por intercambio iónico (Oleas 2016).

1.2.15.8 Fosfatos

Otro indicador de la calidad del agua son los fosfatos que se generan por la presencia de materia orgánica en descomposición; así como también por el uso de fertilizantes y plaguicidas en las actividades agrícolas y pecuarias. La presencia de fosfatos en el agua favorece el desarrollo de algas (Oleas 2016).

1.2.15.9 Hierro

La presencia de hierro en el agua produce en la misma un sabor desagradable y deja manchas en la ropa. Comúnmente se halla en pozos, el óxido de los tubos de hierro puede aumentar la concentración de materiales disueltos en el agua tratada, así como la concentración de hierro (Oleas 2016).

1.2.15.10 Fluoruros

El fluoruro aparece naturalmente en la tierra vegetal y en muchos suministros de agua. En concentraciones elevadas puede dar lugar a la aparición de fluorosis que se caracteriza por la presencia de manchas amarillentas en los dientes; también provoca náuseas, diarreas, dolores abdominales y dolores de cabeza (Oleas 2016).

1.2.15.11 Amonio

El amonio es un compuesto químico que contiene el ion NH_4^+ y se forma a partir de la combinación de nitrógeno e hidrógeno. En el contexto del agua, la presencia de amonio se monitorea como parte del análisis de la calidad del agua y puede tener implicaciones tanto para la salud humana como para el medio ambiente (Oleas 2016).

1.2.15.12 Cloro libre

La presencia de cloro libre en el agua es esencial para garantizar la eliminación de patógenos y prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua. Sin embargo, es importante controlar cuidadosamente la concentración de cloro libre, ya que niveles excesivos pueden tener efectos adversos en la salud humana y en la calidad del agua, como el sabor y olor desagradables. El monitoreo regular de los niveles de cloro libre en el agua potable es una práctica estándar en los sistemas de suministro de agua para asegurar que se mantenga dentro de los límites recomendados. Este proceso de desinfección es fundamental para garantizar que el agua llegue a los consumidores libres de contaminantes microbiológicos y sea segura para su uso (Sosa 2022).

1.2.15.13 Color total

El cloro total se refiere a la cantidad total de cloro presente en una muestra de agua, y comprende varias formas químicas de cloro que pueden estar presentes en el proceso de desinfección del

agua. Cuando se utiliza cloro para desinfectar el agua, este puede existir en diversas formas, y la medición del cloro total tiene en cuenta todas estas formas (Sosa 2022).

1.2.15.14 Cloro residual

Otro parámetro por considerar para medir la calidad del agua es la cantidad de cloro residual que queda luego del proceso de desinfección, con el fin de verificar que exista un residual en el caso de que exista una posible contaminación (Sosa 2022).

1.2.16 Indicadores microbiológicos de la contaminación del agua

Los microorganismos existentes en el agua son vastos, mismos que pueden ser o no patógenos. Entre ellos destacan: bacterias, hongos, protozoos, rotíferos, algas, virus y helmintos; que difieren en tamaño, estructura, número, composición, supervivencia en el ambiente y resistencia a los procesos de tratamiento de depuración (Badii et al. 2018).

La calidad del agua y cantidad de microorganismos que contiene intervienen en las características físicas y químicas de esta; así, el sabor y olor se vuelven desagradables por la presencia de algas, mientras que los microorganismos existentes en ella ejercen una considerable influencia con respecto a la producción de turbiedad y color, ya que pueden alterar el pH, aumentar los sedimentados u obstruir los filtros en el proceso de potabilización (Lugioyo, González y García 2020).

El criterio más utilizado para determinar la calidad sanitaria del agua es la clase y número de bacterias presentes en ella. Para ello se han empleado indicadores en lugar de la determinación directa de patógenos, puesto que éstos se encuentran en baja concentración y poseen una distribución irregular en la misma. Los indicadores de origen fecal más frecuentes son: Grupo coliformes totales (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*), coliformes fecales (termorresistentes), *Escherichia coli*, *Streptococos fecales* y *aerobios mesófilos*. Sin embargo, en la actualidad se utilizan sólo los indicadores para coliformes fecales (*Escherichia coli*) (Chota y Chong 2020).

1.2.17 Bacteria

Las bacterias son microorganismos procarióticos unicelulares. Su tamaño y forma varían según la especie desde 0,2 μm hasta 10 μm de diámetro y pueden ser esféricos (cocos), espirales (espirilos) o en forma de bastón alargado (bacilos). Su reproducción es por fisión binaria y en su citoplasma contienen una suspensión coloidal de proteínas, carbohidratos y otros compuestos

orgánicos complejos. La región citoplasmática contiene ácido ribonucleico (ARN) y ácido desoxirribonucleico (ADN) (Londoño et al. 2022).

1.2.17.1 Tipos de bacterias

La presencia de bacterias en el agua puede ser un indicador crítico de su contaminación, y ciertos tipos de bacterias están directamente asociados con enfermedades que afectan la salud humana (Silva, Rodríguez y Sousa 2020). Entre las bacterias más significativas en este contexto se encuentran:

Coliformes fecales: Los coliformes fecales son un grupo de bacterias que se originan en el intestino de mamíferos y aves, y su presencia en el agua indica contaminación fecal. Entre ellos, *Escherichia coli* (*E. coli*) es uno de los más destacados. La ingestión de agua contaminada con coliformes fecales puede provocar enfermedades gastrointestinales, manifestándose con síntomas como diarrea, vómitos, fiebre y malestar abdominal.

Salmonella: *Salmonella* es otra bacteria asociada con la contaminación del agua. Su presencia puede causar infecciones gastrointestinales, generando síntomas como diarrea, fiebre, dolor abdominal, náuseas y vómitos. Las infecciones por *Salmonella* suelen ser más graves en personas con sistemas inmunológicos debilitados.

Staphylococcus aureus: *Staphylococcus aureus* es una bacteria que puede encontrarse en aguas contaminadas y causar infecciones. Esta bacteria puede provocar afecciones cutáneas, infecciones respiratorias e intoxicaciones alimentarias. Los síntomas varían, desde lesiones cutáneas hasta problemas respiratorios y trastornos gastrointestinales.

Vibrio cholerae: *Vibrio cholerae* es responsable del cólera, una enfermedad transmitida por agua contaminada. Los síntomas del cólera incluyen diarrea acuosa profusa, vómitos y calambres abdominales. Esta enfermedad puede conducir a la deshidratación severa y, en casos extremos, puede ser fatal si no se trata adecuadamente.

Legionella: La bacteria *Legionella*, presente en ambientes acuáticos, puede proliferar en sistemas de agua potable. La inhalación de aerosoles contaminados con *Legionella* puede dar lugar a la enfermedad del legionario, caracterizada por fiebre, tos, dificultad respiratoria y neumonía (Molina 2016).

1.2.18 Hongos y aerobios mesófilos

Los hongos son microorganismos pertenecientes al reino Fungi, su pared celular es una estructura altamente resistente a los tipos de estrés ambiental y además da forma a la célula, controla la permeabilidad celular y protege a la célula de los cambios osmóticos. Además, de estas importantes funciones, también forma el sitio de interacción con el medio externo, localizando

aglutinantes y una gran cantidad de receptores que, una vez activados, activan una cascada de señales complejas dentro de la célula. Aerobios mesófilos pertenece al grupo heterogéneo de microorganismos que crecen a una temperatura de 30 a 37 grados centígrados son aeróbicas es decir necesitan oxígeno (Zuniga y Samperio 2019).

1.2.19 Parásitos

Se caracterizan por presentar un metabolismo complejo y se alimentan a base de nutrientes sólidos, algas y bacterias presentes en organismos multicelulares, como los humanos y animales. Morfológicamente se clasifican en: protozoos y metazoos. Los primeros son capaces de cumplir todas las funciones básicas de la vida y poseen la típica estructura de la célula eucariota. Incluyen también una forma vegetativa y una de resistencia, mientras que los helmintos son pluricelulares, de estructuras concretas y poco desarrolladas (Mora, Barboza y Orozco 2019).

1.2.19.1 Tipos de parásitos

Giardia lamblia: *Giardia lamblia* es un parásito unicelular que infecta el intestino delgado humano. Este protozoo flagelado es la causa de la giardiasis, una enfermedad gastrointestinal. La infección por *Giardia* ocurre al ingerir quistes del parásito presentes en alimentos o agua contaminados. Una vez en el intestino delgado, los quistes se abren y liberan trofozoítos que se adhieren a la mucosa intestinal, interfiriendo con la absorción de nutrientes y provocando síntomas como diarrea, dolor abdominal, flatulencia, náuseas y pérdida de peso. La giardiasis es una enfermedad generalmente autolimitada, pero puede volverse crónica y persistente en algunos casos (Álava y Marin 2021).

Cryptosporidium parvum: *Cryptosporidium parvum* es un protozoo apicomplejo que infecta las células del revestimiento del intestino delgado. Este parásito es la causa de la criptosporidiosis, una enfermedad transmitida principalmente por la ingestión de quistes de *Cryptosporidium* presentes en agua contaminada. La criptosporidiosis puede afectar a personas con sistemas inmunológicos comprometidos de manera más grave. Los síntomas incluyen diarrea acuosa, dolor abdominal, náuseas, vómitos y fiebre. En individuos inmunocomprometidos, la infección puede ser persistente y potencialmente mortal (Álava y Marin 2021).

Ambos parásitos son de relevancia especial en situaciones de suministro de agua y saneamiento inadecuados, ya que sus quistes son resistentes al cloro utilizado en el tratamiento del agua potable. La transmisión de estos parásitos a menudo está asociada con fuentes de agua contaminadas, como ríos, lagos o suministros de agua sin tratamiento adecuado. El monitoreo y

tratamiento eficaz del agua son esenciales para prevenir la propagación de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* y proteger la salud pública (García 2019).

1.2.20 Virus

Los virus son microorganismos acelulares, compuestos por material genético (ADN o ARN) y una cápside proteica; su tamaño fluctúa entre 20 y 300 milimicras. Su forma puede ser simétrica, icosaédrica, helicoidal y compleja. Estos microorganismos, a diferencia de las bacterias, no se encuentran comúnmente en las heces del hombre, sino que están presentes en el tracto gastrointestinal de individuos infectados, quienes a través de sus deposiciones contaminan el agua. Se sabe que más de 100 clases diferentes de virus entéricos son excretadas por el hombre y son capaces de transmitir algún tipo de infección o enfermedad (Yumbo et al. 2018).

1.2.21 Tipos de medio de cultivo

1.2.21.1 Medios simples

Poseen los requisitos nutricionales para permitir el desarrollo bacteriano general, ejemplos: agar nutritivo, caldo nutritivo, entre otros (Weng et al. 2014).

1.2.21.2 Medios enriquecidos

Son medios simples o comunes, a los que se le añaden ciertos elementos como sangre, suero, líquido ascítico, huevo, glucosa, vitaminas, etc. Lo que permite el aporte de factores de crecimiento o sustancias que neutralizan agentes inhibidores del crecimiento en bacterias exigentes nutricionalmente, entre algunos ejemplos: agar sangre, medio de Löwenstein-Jensen, enriquecido con huevo para facilitar el crecimiento de *Mycobacterium*; agar desoxicolato-lactosa (DLA), enriquecido con lactosa y desoxicolato (Weng et al. 2014).

1.2.21.3 Medios selectivos

Se consiguen añadiendo al agar nutritivo compuestos químicos nocivos para algunas bacterias cuyo crecimiento no es de interés o también mediante una alteración de las condiciones físicas del medio (Weng et al. 2014).

1.2.21.4 Medios diferenciales

A estos medios se le adiciona sustancias para que solo crezcan ciertas bacterias y estas, al actuar sobre alguna de las sustancias adicionadas, permiten observar macroscópicamente ciertas propiedades de crecimiento que ayudan a diferenciar las colonias de otras especies diferentes (Weng et al. 2014).

1.2.22 Principales medios de cultivo

1.2.22.1 Agar sangre

El agar sangre es un medio de cultivo utilizado en microbiología para el crecimiento y estudio de microorganismos, especialmente bacterias. Este medio es particularmente valioso porque proporciona una serie de ingredientes que favorecen el crecimiento de una amplia variedad de bacterias y permite observar ciertas características hemolíticas de estos microorganismos (Weng et al. 2014).

1.2.22.2 Agar nutritivo

Es un medio de cultivo enriquecido sin aditivos preparado para la recuperación y aislamiento de toda clase de microorganismos Gram-positivos y Gram-negativos, hongos y levaduras que no requieren elementos especiales para su crecimiento, se usa principalmente para el mantenimiento de cepas, realización de subcultivos para confirmar la pureza de los aislamientos. Por ser el Agar Nutritivo un medio enriquecido permitirá el crecimiento de bacterias tanto patógenas como saprofitas, por esto es importante trabajar con las mayores condiciones de asepsia para garantizar que no hay crecimiento de microorganismos contaminantes que puedan ocasionar un resultado erróneo (Weng et al. 2014).

1.2.22.3 Agar EMB

Este medio denominado Agar azul de metileno de eosina es utilizado para el aislamiento selectivo de bacilos Gram negativos de rápido desarrollo y escasas exigencias nutricionales; permite el desarrollo de todas las especies de la familia *Enterobacteriaceae*. Es nutritivo por la presencia de peptona que favorece el desarrollo microbiano. La diferenciación entre organismos capaces de utilizar la lactosa y/o sacarosa, y aquellos que son incapaces de hacerlo, está dada por los indicadores eosina y azul de metileno; éstos ejercen un efecto inhibitorio sobre una amplia variedad de bacterias Gram positivas. El agar es el agente solidificante (Weng et al. 2014).

1.2.22.4 Agar MacConkey

Este medio se utiliza para el aislamiento de bacilos Gram negativos de fácil desarrollo, aerobios y anaerobios facultativos a partir de muestras clínicas, aguas y alimentos. Todas las especies de la familia *Enterobacteriaceae* desarrollan en el mismo. En el medio de cultivo, las peptonas, aportan los nutrientes necesarios para el desarrollo bacteriano, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable y la mezcla de sales biliares y el cristal violeta son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de gran parte de la flora Gram positiva. El agar es el agente solidificante. Por fermentación de lactosa, se disminuye el pH alrededor de la colonia; lo que produce un viraje del color del indicador de pH (rojo neutro), la absorción en las colonias, y la precipitación de las sales biliares. Los microorganismos no fermentadores de lactosa producen colonias incoloras (Weng et al. 2014).

1.2.22.5 Agar Salmonella Shigella

Medio de cultivo selectivo y diferencial utilizado para el aislamiento de *Salmonella spp.* y de algunas especies de *Shigella spp.* a partir de heces, alimentos y otros materiales en los cuales se sospeche su presencia. En el medio de cultivo la pluripeptona y el extracto de carne aportan los nutrientes para el desarrollo microbiano. Las sales biliares y el verde brillante inhiben el desarrollo de una amplia variedad de bacterias Gram positivas, de la mayoría de los coliformes y el desarrollo invasor del *Proteus spp.* La lactosa es el hidrato de carbono fermentable. El tiosulfato de sodio permite la formación de SH₂ que se evidencia por la formación de sulfuro de hierro (Apella y Araujo 2019).

1.2.22.6 Medio Hektoen

Es un medio moderadamente selectivo y de diferenciación para el aislamiento y el cultivo de microorganismos Gram negativos entéricos, y especialmente para el aislamiento de especies de *Shigella* y *Salmonella* a partir de muestras fecales. Este medio se considera moderadamente selectivo y es particularmente útil para el aislamiento de las especies de *Shigella*. La presente formulación difiere de la original en la eliminación del desoxicolato de sodio y la reducción de la concentración de sales biliares. Además, la concentración de peptona ha sido aumentada, a fin de compensar los efectos inhibitorios de las sales biliares. Esta formulación se recomienda como uno de diversos medios de placas para el cultivo de la familia *Enterobacteriaceae* a partir de muestras fecales. Las sales biliares hacen que el medio sea selectivo, inhibiendo los microorganismos Grampositivos y reduciendo el crecimiento de algunos microorganismos Gram-negativos diferentes de *Salmonella* y *Shigella*. Se incluyen lactosa, sacarosa y salicina para

una óptima diferenciación según el color de las colonias y del medio adyacente a éstas (Morales et al. 2019).

1.2.22.7 *Baird parker*

Es un medio parcialmente selectivo que utiliza la capacidad de los *estafilococos* de reducir el telurito a telurio y detectar la lecitinasa a partir de la lecitina del huevo. El agar Baird-Parker se utiliza ampliamente y se incluye en numerosos procedimientos estándar para el análisis de alimentos, cosméticos o agua de piscinas con el fin de detectar la presencia de *Staphylococcus aureus*. Asimismo, puede utilizarse para el aislamiento de *S. aureus* a partir de muestras clínicas y también se denomina agar huevo-telurito-glicina-piruvato. Dicho agar contiene las fuentes de carbono y nitrógeno necesarias para el crecimiento. La glicina, el cloruro de litio y el telurito potásico actúan como agentes selectivos. La yema de huevo constituye el sustrato para determinar la producción de lecitinasa y, además, la actividad de lipasa (Morales et al. 2019).

1.2.22.8 *Agar Mueller Hinton*

Medio de cultivo nutritivo no selectivo que promueve el desarrollo microbiano. Por su composición, se usa en forma rutinaria en la realización del antibiograma en medio sólido, debido a que presenta buena reproducibilidad lote a lote en las pruebas de sensibilidad, su contenido en inhibidores de sulfonamidas, trimetoprima y tetraciclina es bajo, la mayoría de los patógenos microbianos crece satisfactoriamente y una gran cantidad de datos adicionales que han sido evaluados y avalados usando este medio de cultivo. Cuando se suplementa con sangre de carnero al 5%, permite realizar las pruebas de sensibilidad a los antimicrobianos en especies de *estreptococos*. También, con el agregado de sangre puede utilizarse para el cultivo y aislamiento de microorganismos nutricionalmente exigentes (Weng et al. 2014).

1.2.22.9 *Agar manitol salado*

El agar sal manitol en una fórmula diseñada para la diferenciación de *estafilococos* positivos a la coagulasa (por ejemplo, *Staphylococcus aureus*) de los *Estafilococos* negativos a la coagulasa. Este agar se utiliza para el aislamiento de *Estafilococos* a partir de muestras clínicas, de cosméticos y de pruebas de límite microbiano. El agar sal manitol contiene peptonas y extractos de carne bovina, que suministran los nutrientes esenciales. Una concentración de cloruro sódico de 7,5% tiene como resultado una inhibición parcial o completa de los organismos bacterianos diferentes de los *Estafilococos*. La fermentación de manitol, indicada por el cambio del indicador de rojo fenol, facilita la diferenciación de la especie de *estafilococos* (Weng et al. 2014).

1.2.22.10 Medio EC

Medio utilizado para el recuento de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* en agua, alimentos y otros materiales. En el medio de cultivo la tripteína es la fuente de péptidos, aminoácidos y nitrógeno. La lactosa es el hidrato de carbono fermentable y favorece el desarrollo de bacterias coliformes, las sales biliares inhiben el crecimiento de la flora acompañante Gram positiva, las sales fosfato constituyen un sistema buffer que impide que los productos ácidos originados por la fermentación de lactosa afecten el crecimiento microbiano y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico (Antonio, Tobón y Hoyos 2012).

1.2.22.11 Caldo verde bilis brillante

Este medio está recomendado para el recuento de coliformes totales y fecales, por la técnica del número más probable. En el medio de cultivo, la peptona aporta los nutrientes necesarios para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, y la lactosa es el hidrato de carbono fermentable. Es una propiedad del grupo coliforme, la fermentación de la lactosa con producción de ácido y gas (Antonio, Tobón y Hoyos 2012).

1.2.23 Pruebas bioquímicas

1.2.23.1 Prueba de la catalasa

La catalasa es una enzima que cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. La prueba se utiliza en los laboratorios de bacteriología para comprobar la presencia de la enzima catalasa que se encuentra en la mayoría de las bacterias aerobias y anaerobias facultativas que contienen el citocromo oxidasa. La principal excepción son los *streptococos* (*Streptococcus*) (García y Mendoza 2014).

1.2.23.2 Fermentación de manitol

Sirve para detectar si los microorganismos son capaces de fermentar el manitol liberando productos ácidos que serán detectados gracias al indicador rojo de fenol que cambiará a color amarillo. La prueba del manitol sirve para diferenciar *Staphylococcus aureus* (+) de *Staphylococcus epidermis* (García y Mendoza 2014).

1.2.23.3 Prueba de la ureasa

Determina la capacidad de un organismo de desdoblar la urea formando una molécula de dióxido de carbono y dos moléculas de amoníaco por acción de la enzima ureasa. Esta actividad enzimática es característica de todas las especies de *Proteus* y se usa sobre todo para diferenciar este género de otras enterobacterias que dan negativo o positivo retardado. El agar base urea se recomienda para la preparación del medio de Christensen para la detección rápida de la actividad ureásica de *Proteus spp* (García y Mendoza 2014).

El medio se puede utilizar para la detección de la hidrólisis de la urea por otras enterobacterias menos fuertes formadores de ureasa como por ejemplo *Klebsiella*, *Enterobacter*, ciertos micrococcos entre otros, aunque el periodo de incubación debería ser más largo. La urea es hidrolizada por la enzima ureasa, formando dióxido de carbono y amoníaco. Este último proporciona reacción alcalina al medio, que puede comprobarse por el viraje del amarillo al rojo púrpura del indicador de pH rojo fenol contenido en el medio (García y Mendoza 2014).

1.2.23.4 TSI

Este agar conocido como triple azúcar hierro es usado para la diferenciación de bacilos Gram negativos entéricos basado en la fermentación de carbohidratos que pueden ser la sacarosa, lactosa y dextrosa junto con la producción de ácido sulfhídrico. En microorganismos como el *Proteus* y *Citrobacter* que son fermentadores de la sacarosa, se puede enmascarar el indicador de sulfhídrico en el medio (García y Mendoza 2014).

El agar TSI contiene tres azúcares: dextrosa, lactosa y sacarosa; rojo de fenol para detectar la fermentación de estos carbohidratos, y sulfato ferroso para detectar la producción de ácido sulfhídrico. La degradación o fermentación del azúcar con formación de ácido se manifiesta por un cambio de color del indicador rojo de fenol que vira de anaranjado-rojizo a amarillo, o por un viraje a rojo intenso en caso de alcalinización. El tiosulfato es reducido por algunos gérmenes a ácido sulfhídrico, el cual reacciona con la sal férrica produciendo sulfuro de hierro de color negro (García y Mendoza 2014).

1.2.23.5 LIA

Se utiliza para diferenciar los microorganismos entéricos sobre la base de su capacidad para descarboxilar o desaminar lisina y formar H₂S. Para la demostración simultanea de lisinadecarboxilasa (LD) y de la formación de ácido sulfúrico (H₂S) para la identificación de

Enterobacterias, sobre todo de *Salmonella*, incluidas aquellas fermentadoras de lactosa, *S. arizona*. La lisina puede ser decarboxilada por microorganismos LD-positivos, que la transforman en la amina cadaverina. Esto produce un viraje al violeta del indicador de pH púrpura de Bromocresol. Puesto que la decarboxilación solo tiene lugar en medio ácido, es decir con pH menor a 6, es necesario que se produzca previamente la acidificación del medio de cultivo, por fermentación de la glucosa. Por este motivo, este medio de cultivo solo puede usarse para la diferenciación de cultivos fermentadores de la glucosa (García y Mendoza 2014).

Los microorganismos LD-negativos, pero fermentadores de la glucosa, producen un viraje al amarillo de la totalidad del medio de cultivo. La incubación prolongada puede ocasionar una alcalinización de la zona de la superficie del medio de cultivo y, en consecuencia, se produce un viraje al violeta (García y Mendoza 2014).

1.2.23.6 Prueba de la oxidasa

Esta prueba sirve para determinar la presencia de enzimas oxidasas. La reacción de la oxidasa se debe a la presencia de un sistema citocromo oxidasa. Los citocromos son enzimas que forman parte de la cadena de transporte de electrones en la respiración aeróbica, transfiriendo electrones al oxígeno, con la formación de agua. Por lo general, el sistema citocromo oxidasa sólo se encuentra en los organismos aerobios, algunos anaerobios facultativos y, excepcionalmente, en algún microaerófilo (*Vibrio fetus*), pero los anaerobios estrictos carecen de actividad oxidasa (García y Mendoza 2014).

Así mismo, la presencia de oxidasa va ligada a la producción de catalasa, ya que ésta degrada el peróxido de hidrógeno que se produce como consecuencia de la reducción del oxígeno y cuya acumulación es tóxica. La prueba de la oxidasa se usa sobre todo para identificar todas las especies de *Neisseria* (+) y diferenciar *Pseudomonas* de los miembros oxidasa negativos de las *enterobacterias*. El reactivo de la oxidasa más recomendado es la solución acuosa al 1% de di clorhidrato de tetrametil-p-fenilendiamina que se conoce como reactivo de Kovacs; es menos tóxico y mucho más sensible que el correspondiente compuesto di metilo (reactivo de Gordon y McLeod), pero es más caro. Este reactivo tiñe las colonias oxidasa positivas de color lavanda que vira gradualmente a púrpura-negruzco intenso (García y Mendoza 2014).

1.2.23.7 Citrato

Esta prueba sirve para determinar si un organismo es capaz de utilizar citrato como única fuente de carbono y compuestos amoniacales como única fuente de nitrógeno en su metabolismo,

provocando una alcalinización del medio. Entre las *Enterobacterias* estas características se dan en los siguientes géneros: *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Citrobacter* y algunas especies de *Salmonella*. Sin embargo, *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi* son incapaces de crecer con esos nutrientes. Se cultiva el microorganismo en agar citrato de Simmons. Este medio contiene citrato de sodio y fosfato de amonio como fuentes de carbono y de nitrógeno respectivamente, y azul de bromotimol, como indicador de pH. Sólo las bacterias capaces de metabolizar el citrato podrán multiplicarse en este medio y liberarán iones amonio lo que, junto con la eliminación del citrato (ácido), generará una fuerte alcalinización del medio que será aparente por un cambio de color del indicador de pH, de verde a azul (García y Mendoza 2014).

1.2.23.8 SIM o sulfato indol movilidad

Este es un medio usado para la diferenciación de bacilos entéricos con base a la producción de ácido sulfhídrico, indol y la movilidad. Las bacterias reductoras de sulfato producen ácido sulfhídrico el cual reacciona con el amonio ferroso y se produce un sulfato ferroso que se forma como un precipitado oscuro a lo largo de la línea de inoculación. El medio contiene caseína rica en triptofano la cual es usada por ciertos microorganismos quienes finalmente producen indol, el cual es revelado por reactivos como el de Kovacs. La movilidad es visible ya que es un medio semisólido y siendo positivo el crecimiento se ve por fuera de la línea de siembra, en forma de turbidez alrededor del canal de siembra. La no movilidad se caracteriza por el crecimiento exclusivamente a lo largo de dicho canal. La demostración de indol se efectúa mediante el reactivo según Kovacs. La formación de indol da lugar a una coloración rojo-púrpura de la capa de reactivo (García y Mendoza 2014).

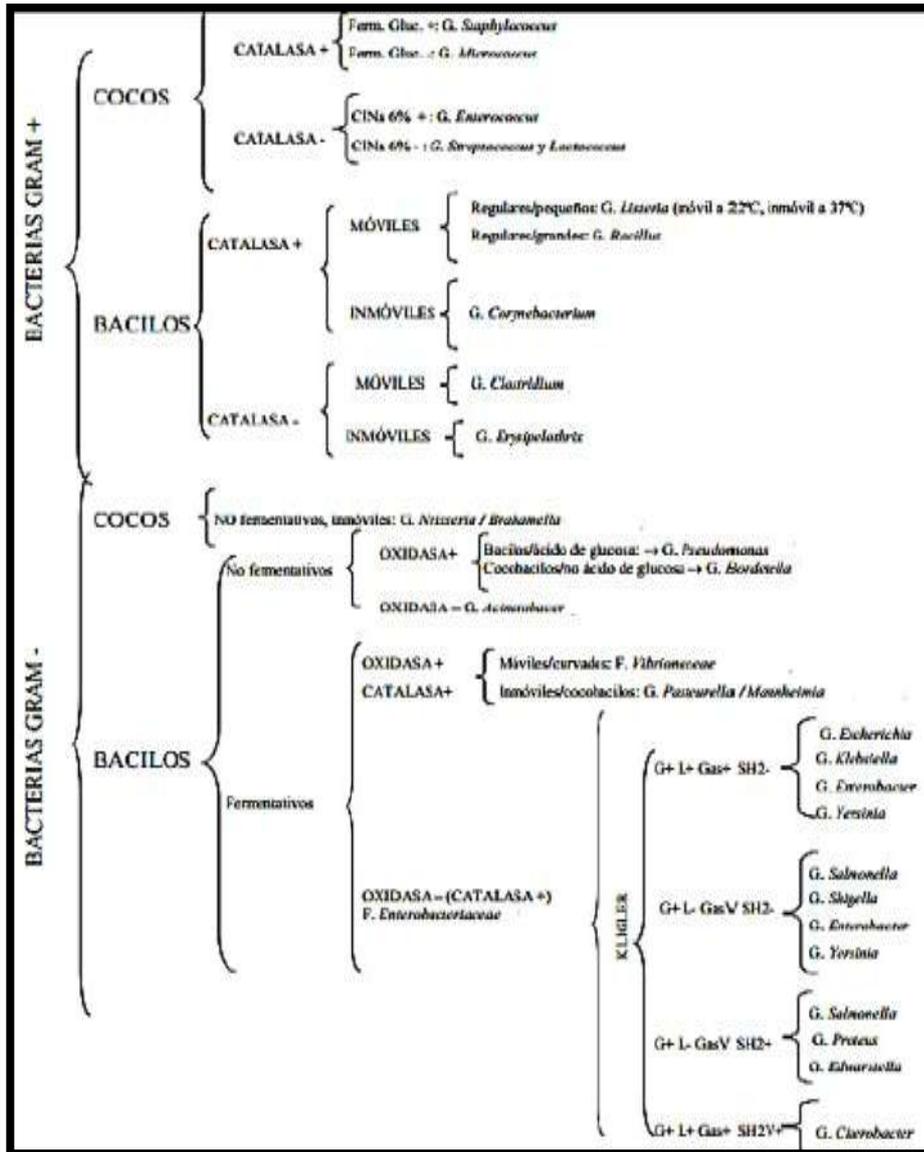


Ilustración 3-1: Esquema de la identificación de los microorganismos

Fuente: (García y Mendoza 2014).

1.2.24 Antibiograma

Las pruebas de sensibilidad o antibiogramas determinan la susceptibilidad de un microorganismo frente a los medicamentos antimicrobianos, a partir de la exposición de una concentración estandarizada del germen a estos fármacos. Las pruebas de sensibilidad pueden hacerse para bacterias, hongos o virus. Para algunos microorganismos, los resultados obtenidos con un fármaco permiten predecir los resultados que se obtendrán con fármacos similares. Así, no todos los medicamentos potencialmente útiles necesitan probarse (Londoño et al. 2022).

Las pruebas de sensibilidad se realizan in vitro, pueden ser cualitativas, semicuantitativas o con métodos basados en los ácidos nucleicos. Las pruebas también pueden determinar el efecto de la

combinación de distintos antimicrobianos (Londoño et al. 2022). Los resultados del antibiograma se determinan como:

-Sensible: Cuando es probable, pero no está garantizado, que inhiba el microorganismo patógeno. Puede ser una opción apropiada para el tratamiento.

-Resistente: En el caso que no es efectivo para inhibir el crecimiento del organismo; por tanto, puede no ser una opción apropiada para el tratamiento.

-Intermedio: En este caso puede ser efectivo a una dosis más alta, o una dosificación más frecuente, o efectivo solo en sitios corporales específicos donde el antibiótico penetra para proporcionar concentraciones adecuadas (Londoño et al. 2022).

1.2.25 Resistencia bacteriana

La resistencia bacteriana se refiere a la capacidad de las bacterias para sobrevivir y multiplicarse a pesar de la presencia de agentes antimicrobianos, como antibióticos. Esta resistencia es una preocupación significativa en la medicina moderna, ya que puede comprometer la eficacia de los tratamientos y aumentar la dificultad en el manejo de infecciones (Espinoza, Acosta-Acosta y Cando 2020).

1.2.25.1 Mecanismos de acción

Las bacterias pueden desarrollar mutaciones en sus genes que les confieren resistencia a los antibióticos. Estas mutaciones pueden ocurrir naturalmente o ser inducidas por exposición repetida a antibióticos. Las bacterias pueden intercambiar material genético entre sí a través de procesos como la conjugación, transducción y transformación. Esto facilita la transferencia de genes de resistencia entre diferentes especies bacterianas (Quiñones, Yu y Han 2021).

1.2.25.2 Tipos de resistencia

-Intrínseca: La resistencia innata de ciertas bacterias a ciertos antibióticos debido a características genéticas preexistentes. Este tipo de resistencia es independiente de la exposición previa a antibióticos.

-Adquirida: Ocurre como resultado de la exposición previa a antibióticos. Las bacterias adquieren resistencia a través de mutaciones genéticas o transferencia horizontal de genes de resistencia (Quiñones, Yu y Han 2021).

1.2.25.3 *Procesos asociados*

-Selección natural: La exposición repetida a antibióticos crea un ambiente en el cual las bacterias resistentes tienen una ventaja de supervivencia, ya que las sensibles son eliminadas. Con el tiempo, las bacterias resistentes se vuelven predominantes.

-Expresión genética: Los genes de resistencia se expresan mediante la producción de proteínas o enzimas que desactivan o expulsan los antibióticos de las bacterias.

-Plásmidos de resistencia: Los genes de resistencia a menudo se encuentran en plásmidos, pequeños fragmentos de ADN que pueden transferirse fácilmente entre bacterias, acelerando la propagación de la resistencia.

-Superproducción de enzimas: Algunas bacterias pueden aumentar la producción de enzimas que descomponen los antibióticos, neutralizando así su efectividad.

-Evolución rápida: Las bacterias tienen una capacidad única para evolucionar rápidamente debido a su reproducción rápida y alta tasa de mutación, lo que contribuye a la rápida aparición de resistencia (Espinoza, Acosta-Acosta y Cando 2020).

La resistencia bacteriana es un desafío global que requiere enfoques integrales, como el uso racional de antibióticos, la investigación de nuevos agentes antimicrobianos y la implementación de medidas para prevenir la propagación de bacterias resistentes. La comprensión detallada de los mecanismos y tipos de resistencia es esencial para abordar eficazmente este problema de salud pública (MSP 2019).

1.2.26 *Tinción Gram*

Es una prueba de tinción diferencial empleada en bacteriología para la visualización de bacterias, sobre todo en muestras clínicas. Existen dos categorías principales de infecciones bacterianas, Gram positivas y Gram negativas. Las categorías se diagnostican según cómo reacciona la bacteria a la tinción de Gram. La tinción de Gram es de color púrpura. Cuando la tinción se combina con la bacteria en una muestra, las bacterias pueden seguir de color púrpura o volverse rosadas o rojas. Si se mantienen púrpura, son Gram positivas (Hinojosa 2022). Si se vuelven rosadas o rojas, son Gram negativas. Las dos categorías causan tipos diferentes de infecciones:

Las infecciones Gram positivas incluyen el *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), las infecciones por *estreptococos* y el shock tóxico. Las infecciones Gram negativas incluyen *Salmonella*, neumonía, infecciones del tracto urinario y gonorrea. Conocer si las bacterias son Gram positivas o Gram negativas ayuda a determinar e identificar el tipo de infección y los antibióticos que se requieren para contrarrestar dicha infección (Reyes y Veliz 2021).

1.2.27 Tinción Ziehl -Neelsen

La tinción de Ziehl-Neelsen es una técnica de tinción especial utilizada en microbiología para la identificación de bacterias ácido-alcohol resistentes, especialmente el género *Mycobacterium*, que incluye el bacilo de la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*). Desarrollada por los bacteriólogos alemanes Franz Ziehl y Friedrich Neelsen, esta técnica destaca las bacterias que retienen el colorante a pesar de ser tratadas con ácido y alcohol (Reyes y Veliz 2021).

La tinción Ziehl-Neelsen está comúnmente asociada con la identificación del parásito *Cryptosporidium parvum*. *Cryptosporidium* es un protozoo parasitario que puede causar infecciones gastrointestinales en humanos y otros animales. La tinción Ziehl-Neelsen, también conocida como tinción de ácido-alcohol resistente, es una técnica de tinción especial utilizada para visualizar organismos que contienen paredes celulares gruesas y ceras, como las micobacterias y algunos parásitos (Reyes y Veliz 2021).

1.2.28 Procesos de tratamiento para la obtención de agua potable

El tratamiento de agua potable es un conjunto de procesos químicos e hidráulicos, los mismos que son muy variados y se llevan a cabo para retirar sólidos contenidos en el agua, así como componentes y microorganismos patógenos que son perjudiciales para la salud humana. Un proceso de tratamiento de agua potable va desde el más sencillo que puede ser una simple desinfección con cloro a procesos más avanzados que incluyen procesos de coagulación-floculación, sedimentación, aireación y filtración (Gámiz 2020). A continuación, se describirá el tratamiento más usual que se le puede dar al agua cruda para ser potabilizada:

-Captación: Estructura civil donde llega el agua desde una vertiente en forma continua, segura y sin disminución de las condiciones hidrológicas, geológicas o ecológicas (Gámiz 2020).

-Vertederos: Estructuras hidráulicas cuya función es controlar el nivel del agua en canales y medición de caudales; también permite elevar el nivel del agua y evacuación de crecientes (Gámiz 2020).

-Aireación: Tratamiento mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el fin de modificar las concentraciones de las sustancias volátiles contenidas en ella (Gámiz 2020).

Las funciones más importantes de la aireación son:

1.2.28.1 Coagulación-floculación

Los procesos de coagulación-floculación son ampliamente utilizados en la purificación del agua, el proceso consiste en la adición de un coagulante al agua el mismo que ayuda agrupar las partículas que se encuentra disueltas; formando masas de mayor tamaño que por su tamaño precipitan, dichas masas se conocen con el nombre de flóculos. Una vez que se añade el coagulante floculante es necesario realizar una agitación la misma que será de gran ayuda en la formación de los flóculos (Páez 2020).

1.2.28.2 Filtración

La filtración consiste en hacer pasar el agua a través de medios filtrantes granulares que pueden ser arena, grava, zeolita o carbón activado con la finalidad de eliminar cualquier tipo de impureza que no pudo ser eliminadas en las etapas anteriores. Las impurezas que pueden ser eliminadas son: partículas de arcillas, fangos, precipitados de aluminio o hierro utilizados en la coagulación, sustancias coloidales y microorganismos como bacterias, virus y quistes protozoicos (Estupiñan y Arenas 2019).

1.2.28.3 Cloración

La cloración es el proceso que hasta el presente reúne las mayores ventajas como son eficiencia y facilidad de aplicación; además deja un efecto residual en el agua en el caso de que exista una contaminación, dicho efecto residual se lo puede medir por sistemas muy simples y al alcance de todos. Para la desinfección de agua se puede emplear cloro gaseoso generado a partir de la vaporización de cloro líquido, hipoclorito de sodio en estado líquido o hipoclorito de calcio sólido en forma granular (Parrales 2023).

1.2.29 Tuberías para el transporte de agua potable

Los materiales comúnmente utilizados en el transporte de agua potable son: Cobre, el PVC, Polipropileno y Polietileno de alta densidad.

1.2.29.1 Polietileno de alta densidad

Pertenece al grupo de los polímeros, material plástico de alta resistencia al impacto y a los suelos abrasivos. Utilizado también para redes de gas, eléctricas, y aguas servidas entre otros. Liviano y flexible, lo que permite trabajar con rollos de 50-100 metros fácilmente, reduciendo el

número de uniones utilizadas y pérdida de presión por fricción. 100% atóxico, ya que no contiene sales de estaño ni plomo. Fácil instalación y bastante económico (Fernández y Tusó 2020).

1.2.29.2 Tuberías de cobre

De acuerdo con los informes emitidos por el National Bureau of Standards de EE.UU. la susceptibilidad al deterioro por corrosión del cobre por ataque bacteriológico y biológico es mínima. Estudios dicen que el empleo del cobre en tuberías de agua potable es absolutamente inofensivo e indica que la cantidad de cobre máxima permisible en el agua potable es de 2 mg/litro. Recientes investigaciones han demostrado que el cobre posee propiedades bactericidas y que un número importante de bacterias no pueden proliferar y aún más, sus colonias se reducen después del contacto con superficies de cobre, permitiendo alcanzar un cierto grado de control en la contaminación bioquímica del agua potable (Parrales 2023).

1.2.29.3 Tuberías de PVC

Las tuberías de PVC son ideales para el transporte de los recursos hídricos por la perfecta estanqueidad de las uniones entre tuberías y la elevada vida útil del material, aspectos que hacen mucho más efectiva la gestión de los recursos hídricos disponibles, ya que las fugas de agua se reducen a su mínima expresión. La calidad del agua que circula por el interior de las tuberías se conserva totalmente inalterada, gracias a que es un material homogéneo químicamente y resistente a la corrosión, es decir, sin recubrimientos ni protecciones interiores, por lo que no se producen degradaciones de la tubería, ni migraciones del material hacia el agua que transporta dicha tubería (Arrieta 2019).

1.2.30 Bases legales

1.2.30.1 Acuerdo Ministerial 097-A

La normativa ambiental vigente del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A de reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, tomando como referencia los criterios de calidad del agua estipulados en la Tabla 1 - Criterios de Calidad de Fuentes de Agua para Consumo Humano. Esta norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones

tendientes para preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de esta norma (MAE 2015).

1.2.30.2 Norma NTE INEN 1108:2020 Agua Potable

Permitirá determinar la calidad del agua potable en cuanto a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos en la normativa emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020).

1.2.30.3 NTE INEN 2176:2013 Agua calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo

Para la aplicación de la norma se considerará el uso de recipientes de polietileno de alta densidad y equipos para el análisis físico, químico y microbiológico del agua como: equipo Consort C562, y HACH DR2800 (INEN, 2013).

1.2.30.4 NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico

Se considerarán los lineamientos establecidos en la norma indicada cuando se efectúe la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra de agua para análisis microbiológico (INEN 1983).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Localización

La presente investigación se desarrolla en la comunidad de Airón perteneciente al cantón Chambo de la provincia de Chimborazo; en donde se recolectan muestras de agua tanto en las vertientes, como el punto de captación como en uno de los domicilios para su respectivo análisis y valoración de la calidad de agua.

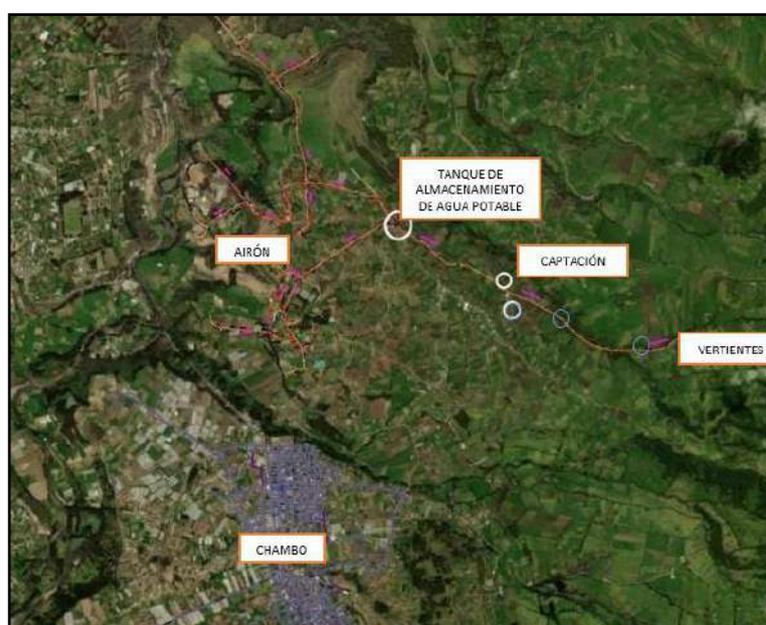


Ilustración 1-2: Comunidad Airón

Fuente: Google Maps.

Es importante mencionar que la comunidad cuenta con 735 habitantes, de los cuales existen 147 usuarios quienes se dedican principalmente a la ganadería y agricultura (hortalizas y legumbres); además la comunidad de Airón se encuentra rodeada por exuberantes paisajes andinos y un clima frío cuya temperatura oscila entre los 13 °C por lo que se pueden encontrar varias fuentes de agua natural que sirve de abastecimiento para todos sus habitantes.

2.2 Diagnóstico actual del agua en la Comunidad de Airón

La comunidad de Airón cuenta con un sistema de agua entubada para su consumo; mismo que consta de un recorrido de 20 Km de tubería PVC desde su punto de captación hasta llegar a un

tanque reservorio, en donde se almacena el agua que previamente ha sido clorada para su distribución final a cada uno de los domicilios de la comunidad. El agua proviene de tres vertientes ubicadas en de San Isidro, San Gerardo y Purupamba.



Ilustración 2-2: Puntos de muestreo del agua en la Comunidad Airón

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

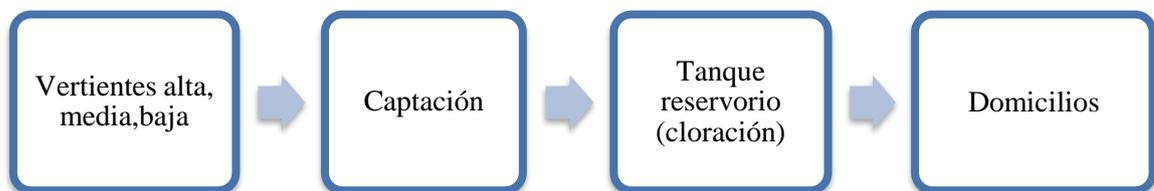


Ilustración 3-2: Diagrama de bloques del tratamiento actual del agua de la Comunidad Airón

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.3 Tipo y diseño de la investigación

La investigación se desarrolló en base a las muestras de agua que fueron recolectadas en la comunidad de Airón del cantón Chambo en la Provincia de Chimborazo; dichas muestras de agua fueron llevadas al laboratorio de Investigación, Aguas y Microbiología de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la panamericana Sur Km 1 ½ del Cantón Riobamba, para realizar su respectiva caracterización física, química y microbiológica y así poder evaluar la calidad de la misma con respecto a los indicadores de calidad citados en la

NORMA INEN 1108-2020. El tipo de investigación que fue llevando a cabo de tipo descriptivo-investigativo basada en un enfoque cualitativo - cuantitativo, con un diseño experimental.

2.4 Población de estudio

La población de estudio corresponde a las muestras de agua que fueron recolectadas en 7 puntos de muestreo de la comunidad de Airón, cantón Chambo en la provincia de Chimborazo ubicado en la región interandina del Ecuador. Se analizo 2 ojos de agua, captación donde se unen las 3 vertientes, un tanque de reservorio y 3 domicilios, para de análisis físico – químico se realizó una repetición y para el análisis microbiológico se determinó 3 repeticiones obtenidas en el periodo octubre-diciembre 2022. Se determinó el muestreo durante el período octubre- diciembre del 2022, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1-2. Muestreo realizado

MUESTREO	ANÁLISIS	LUGAR	LOCALIZACIÓN	CODIFICACIÓN
OCTUBRE - DICIEMBRE 2022	Determinación de pruebas Físicos, químicos, microbiológicos	Vertiente Alta	Purupamba	VA
		Vertiente Baja	San Gerardo del Monte	VB
		Captación	Purupamba	CU3V
		Tanque de reservorio y 3 domicilios (microbiológico)	San Gerardo (cloro libre residual)	D(A)
	Cloro residual libre	Domicilio de red alta	Airón (cloro residual libre)	D(B)
	Cloro residual libre	Domicilio red media	Sector central (cloro residual libre)	D(C)
	Cloro residual libre	Domicilio red baja	Sector sur (cloro residual libre)	D(D)

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.4.1 *Ubicación de la zona de muestreo*

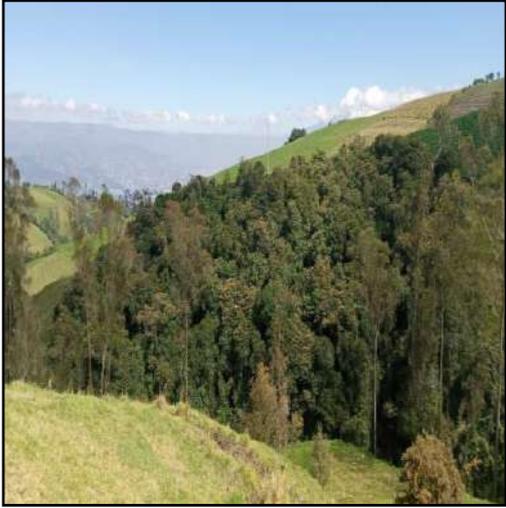
	
<p>Ilustración 4-2: Vertiente alta Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.</p>	<p>Ilustración 5-2: Vertiente baja Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.</p>
	
<p>Ilustración 6-2: Captación Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.</p>	<p>Ilustración 7-2: Tanque de reservorio Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.</p>



Ilustración 8-2: Domicilio
Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.



Ilustración 9-2: Vivienda punto de muestreo
Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.



Ilustración 10-2: Vivienda punto de muestreo
Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.



Ilustración 11-2: Tanque de almacenamiento
Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.5 Flujograma de trabajo

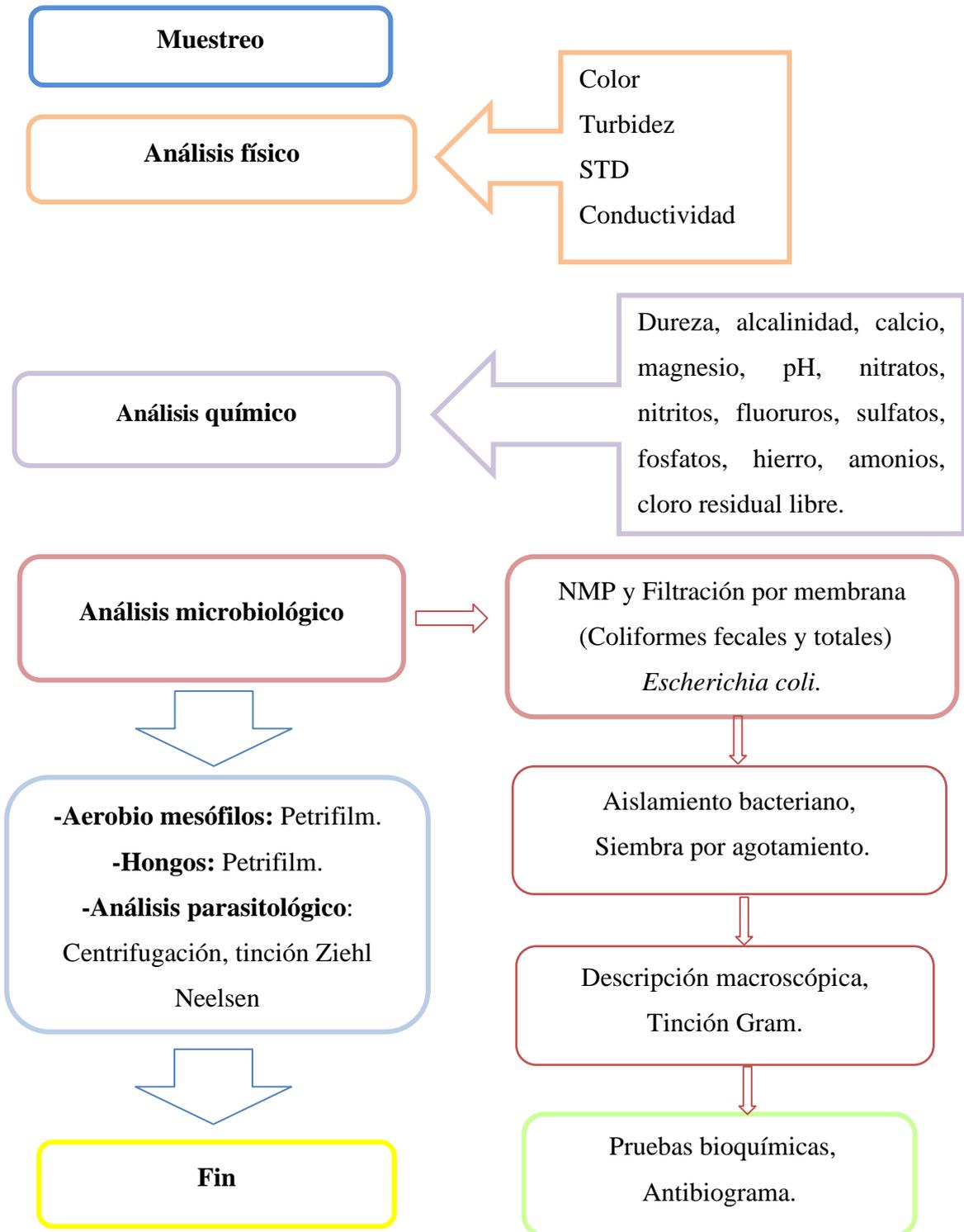


Ilustración 12-2: Diagrama de flujo del procedimiento de análisis

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.6 Técnica de recolección de la muestra microbiológica

Para la toma de muestra de la red que llega a los domicilios, se lo hace del grifo que se encuentra conectada directamente a una tubería de la red de distribución, luego se procede a desinfectar el grifo con una torunda de alcohol al 70%, finalmente se abre completamente el grifo y se deja que el agua fluya por 2 o 3 minutos, no se debe llenar el frasco para evitar la reacción del oxígeno (INEN 1983). Se usarán frascos esterilizados y serán transportados en un cooler, acompañados de geles pack, así como lo establece la norma NTE INEN 2169:2013.

2.6.1 Tratamiento de muestreo microbiológico

Para la determinación microbiológica se sugiere agregar tiosulfato de sodio al 10% según lo exige la norma se debe agregar 0,1mL por cada 125mL de muestra, ya que si no se coloca puede alterar los resultados microbiológicos (INEN 1983). Para la conservación de muestras en cuanto a análisis microbiológicos, se deberá refrigerar entre 2 y 5°C, con un tiempo máximo de conservación de seis horas antes de los análisis y usando frascos completamente esterilizados para que no interfiera con la muestra (INEN 2013).

2.7 Técnicas de muestreo

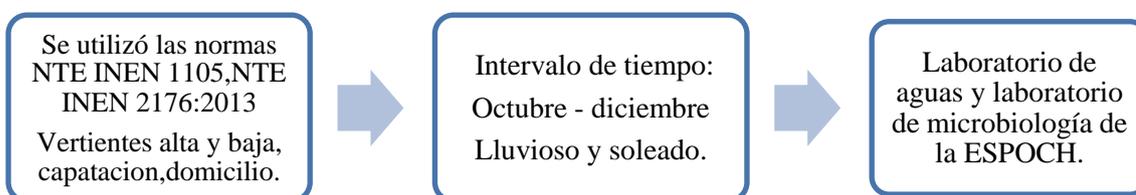


Ilustración 13-2: Técnicas de recolección

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

El muestreo se realizó en las vertientes, captación del agua en donde convergen las tres vertientes y un domicilio de la comunidad de Airón para conseguir evaluar la calidad de la misma y poder conocer las características físicas, químicas y microbiológicas del agua y lograr determinar los parámetros que se encuentran fuera de la Norma NTE INEN 1108 (INEN 2020).

El tipo de muestreo que se realizó fue de tipo simple y se hizo cada 15 días durante tres meses; la primera toma de muestra se realizó en día soleado y la última toma de muestra fue en un día de lluvia porque es importante evaluar también la calidad de agua en días lluviosos (INEN 2020).

Para las determinaciones físicas y químicas se utilizaron recipientes de polietileno de alta densidad como se indica en la NTE INEN 2176:2018. Por otro lado, para el análisis microbiológico se usaron recipientes estériles libres de sustancias tóxicas. Los recipientes utilizados en el muestreo fueron codificados previamente de forma clara y con los datos necesarios del muestreo para evitar confusiones al momento de realizar los diferentes análisis en el laboratorio (INEN 2020).

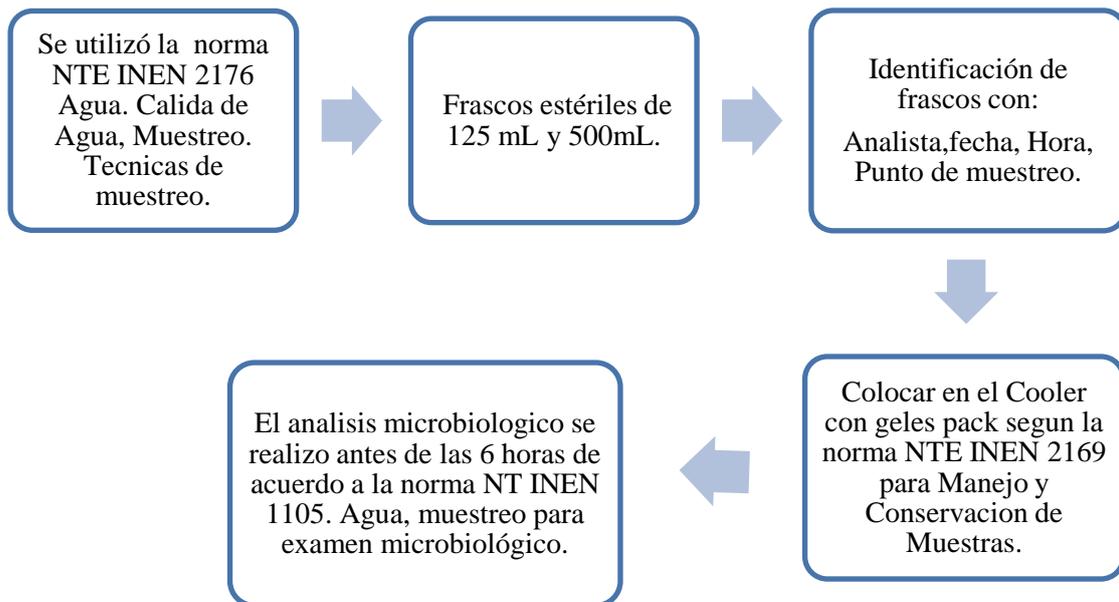


Ilustración 14-2: Técnicas de muestreo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.8 Técnicas empleadas en la caracterización física del agua

2.8.1 Determinación de color aparente

- Prender el equipo HACH DR 2800.
- Seleccionar programa almacenado, y la prueba 125 color 465nm.
- En la otra celda colocar una muestra de agua destilada y seleccionar en la pantalla “cero”.
- Colocar 10 ml de muestra de agua en la celda y seleccionar en la pantalla “medición”.
- Colocar la muestra de agua en la celda.
- Leer el valor que indica en PtCo (INEN 2020).

2.8.2 Determinación de la turbiedad

- Encender el turbidímetro.

- Tomar con cuidado el frasco para la muestra y enjuagar con agua destilada.
- Colocar la muestra de agua en el frasco hasta donde señala la marca y tapar.
- Limpiar el exterior del frasco y colocar en la celda del turbidímetro.
- Leer el valor que indica en la pantalla dado en NTU (unidades nefelométricas de turbidez) (INEN 2020).

2.8.3 Determinación de pH(químico), conductividad y solidos totales

- Encender el multiparámetro.
- Homogenizar la muestra.
- Calibrar el pH-metro.
- Colocar en un vaso de vidrio limpio un volumen de muestra suficiente como para cubrir al electrodo de vidrio.
- Sumergir los electrodos en la muestra y suavemente revolver a una velocidad constante para proporcionar la homogeneidad, luego seleccionar pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y suspensión de los sólidos totales disueltos (mg/L) y esperar hasta que la lectura se estabilice.
- Anotar el valor de la lectura en el protocolo de trabajo.
- Enjuagar el electrodo con agua destilada

2.9 Técnicas empleadas en la caracterización química del agua

2.9.1 Determinación de dureza

- Colocar 25 mL de muestra en el Erlenmeyer y añadir el reactivo KCN al 1% más 2mL de la solución Buffer pH10.
- Colocar una pizca del indicador negro de Eriocromo (rojo vino o violeta).
- Titular con EDTA al 0,02M y anotar el valor consumido (INEN 2020).

$$\text{Dureza } \frac{\text{mg CaCO}_3}{\text{L}} = \frac{V_{\text{EDTA}} \cdot M_{\text{EDTA}}}{V_{\text{muestra}}} \times 1000.91$$

2.9.2 Determinación de alcalinidad

- Añadir 25 mL de muestra en el Erlenmeyer.
- Agregar 3 gotas de naranja de metilo(naranja).
- Titular con H_2SO_4 que se forma un color rosado. $\text{pH}=8$ (INEN 2020).

$$\text{Alcalinidad} \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3 = \frac{V \text{H}_2\text{SO}_4 \times N \text{H}_2\text{SO}_4 \times 50000}{V \text{ muestra}(\text{mL})}$$

2.9.3 *Determinación de calcio*

- Colocar en un matraz 25 mL de muestra.
- Proceder a colorar 1mL de KCN más 1mL de NaOH de 1N.
- Agregar una pizca de indicador murexida (rosado).
- Titular con EDTA a 0,02 M que se forma un color lila (INEN 2020).

$$\text{Calcio} \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{V \text{EDTA} \times 0.02 \text{ EDTA} \times \text{PMCa} \times 1000}{V \text{ muestra}(\text{mL})}$$

2.9.4 *Determinación de magnesio*

- Colocar en un matraz 25 mL de muestra.
- Proceder a colorar 1mL de HCl de 1N más 1mL de NaOH de 1N.
- Agregar una pizca de indicador murexida (rosado).
- Titular con EDTA a 0,02 M que se forma un color purpura (INEN 2020).

$$\text{Magnesio} \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{V_{\text{total}}(V_{\text{dureza}} - V_{\text{Ca}}) \times \text{PM Mg} \times 1000}{V \text{ muestra}(\text{mL})}$$

2.9.5 *Determinación de nitratos*

- Seleccionar en el equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 355 nitrato.
- Preparar el blanco colocando 10 ml de muestra en una cubeta.
- En otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir el reactivo en polvo para nitrato.
- Seleccionar en la pantalla en símbolo de temporizador y pulsar ok, comienza un tiempo de reacción de 1 minuto.
- Después que suene el temporizador limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene el blanco y colocar en la celda respectiva y encerrar.
- Retirar el blanco y colocar la muestra preparada; seleccionar en la pantalla la opción medición
- Leer el valor que se muestra (INEN 2020).

2.9.6 *Determinación de nitritos*

- Seleccionar en el equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 375 nitritos.

- Colocar en una cubeta cuadrada 10 ml de muestra, dicha muestra será el blanco.
- En la otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir un sobre de reactivo de nitrito en polvo.
- Agitar la cubeta con rotación para mezcla.
- Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 20 minutos.
- Después que suene el temporizador limpiar bien el exterior del blanco y colocar en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
- Encerar el equipo y retirar el blanco y colocar la muestra preparada y seleccionar la opción medición.
- Leer el valor en la pantalla (INEN 2020).

2.9.7 Determinación de fluoruros

- Seleccionar en la pantalla programas almacenados y seleccionar el test 190 fluoruro.
- Preparar el blanco con una muestra de agua destilada.
- Tomar 10 ml de muestra y colocar 2 ml de reactivo para fluoruro.
- Colocar los 10 ml de muestra preparada en la cubeta.
- Proceder a encerar el equipo colocando la muestra de agua destilada.
- Introducir la cubeta con la muestra en la celda y proceder a la lectura (INEN 2020).

2.9.8 Determinación de sulfatos

- Seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados y seleccionar el test 685 sulfato.
- Preparar el blanco, colocando 10 ml de muestra en una cubeta.
- Colocar 10 ml de muestra en otra cubeta y añadir el reactivo sulfaver, agitar con cuidado para mezclar.
- Seleccionar en la pantalla en símbolo de temporizador y pulsar Ok; comienza un periodo de reacción de 5 minutos.
- Después que el temporizador limpiar bien el exterior de la cubeta que contiene el blanco y colocar en la celda respectiva y encerar.
- Retirar y colocar la muestra respectiva y seleccionar la opción medición.
- Leer el valor que muestra en la pantalla (INEN 2020).

2.9.9 Determinación de fosfatos

- Seleccionar en la pantalla programas almacenados y seleccionar el test 490 fosfatos.

- Preparar el blanco con una muestra de agua destilada.
- Tomar 10 ml de muestra y colocar sobre de reactivo de NitraVer5 en polvo.
- Colocar los 10 ml de muestra preparada en la cubeta.
- Proceder a encerrar el equipo colocando la muestra de agua destilada.
- Introducir la cubeta con la muestra en la celda y proceder a la lectura (INEN 2020).

2.9.10 Determinación de hierro

- Seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados.
- Seleccionar la prueba 265 hierro.
- Se debe preparar un blanco llenando 10 ml muestra en la cubeta.
- En otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir el reactivo hierro ferroVer en polvo, agitar con rotación para mezclar.
- Se selecciona en la pantalla el temporizador y pulsar Ok. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.
- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta y colocar el blanco en la celda.
- Encerrar el equipo. Colocar la muestra de agua y proceder a la lectura (INEN 2020).

2.9.11 Determinación de amonio

- Seleccionar en la pantalla del equipo HACH programas almacenados.
- Seleccionar la prueba test 385 N amoniacal Salic265 hierro.
- Se debe preparar un blanco llenando 10 ml muestra en la cubeta.
- En otra cubeta colocar 10 ml de muestra y añadir el reactivo en polvo Ammonia Cyanural
- Agitar con rotación para mezclar.
- Se selecciona en la pantalla el temporizador y pulsar Ok. Comienza un periodo de reacción de 3 minutos.
- Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta y colocar el blanco en la celda.
- Encerrar el equipo. Colocar la muestra de agua y proceder a la lectura (INEN 2020).

2.9.12 Determinación de cloro residual

- Para esta determinación se debe utilizar el kit de pruebas de colores HACH y es una determinación que se la realiza in situ.
- Medir 10 ml de agua destilada y colocar en uno de los discos.

- Proceder a tomar 10 ml de la muestra de agua y colocar en el segundo disco.
- Añadir el reactivo DPD a la muestra de agua.
- Esperar un tiempo de 5 minutos, observar el color que presenta la muestra de agua y compararla con el agua destilada (INEN 2020).

2.10 Parámetros microbiológicos

2.10.1 Determinación de Coliformes totales y fecales por el método de NMP

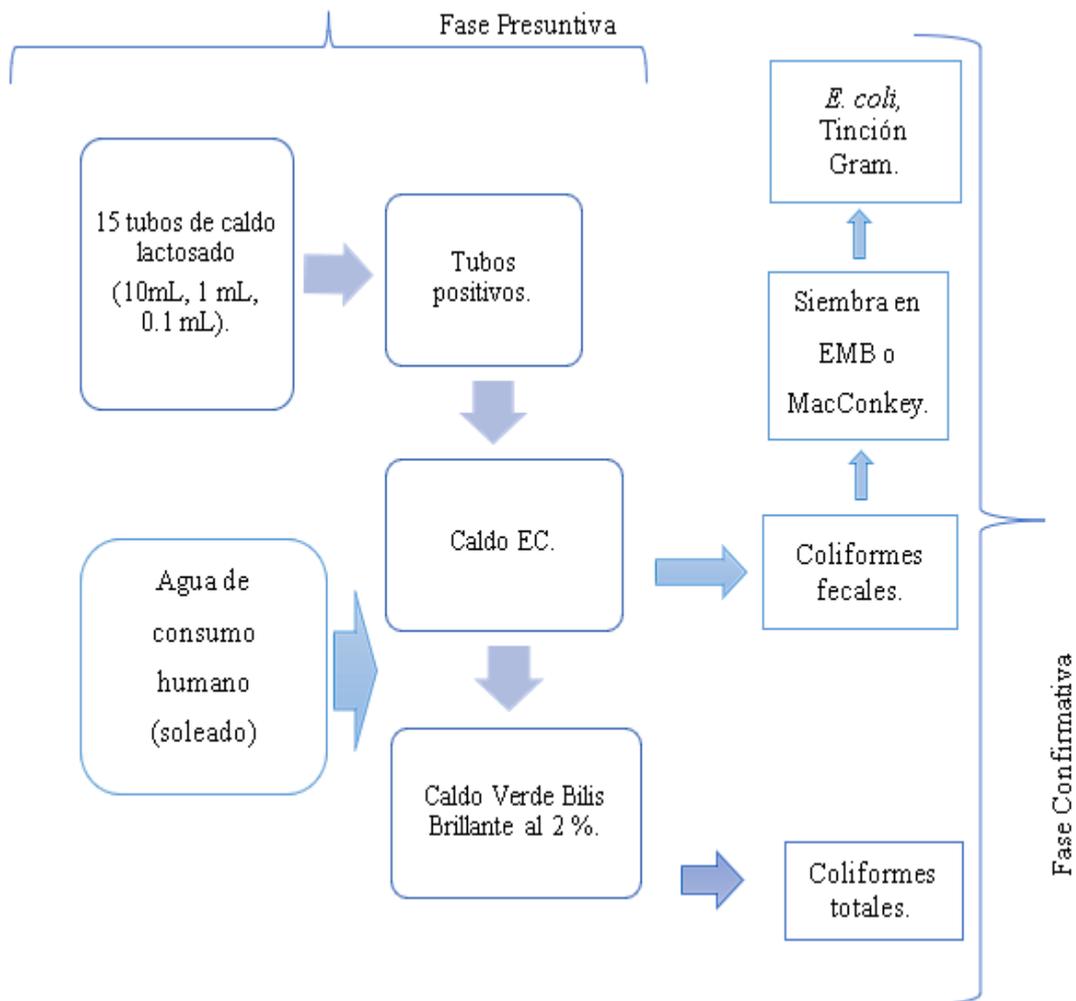


Ilustración 15-2: Determinación de coliformes totales y fecales por el método de NMP

Fuente: (INEN 2020).

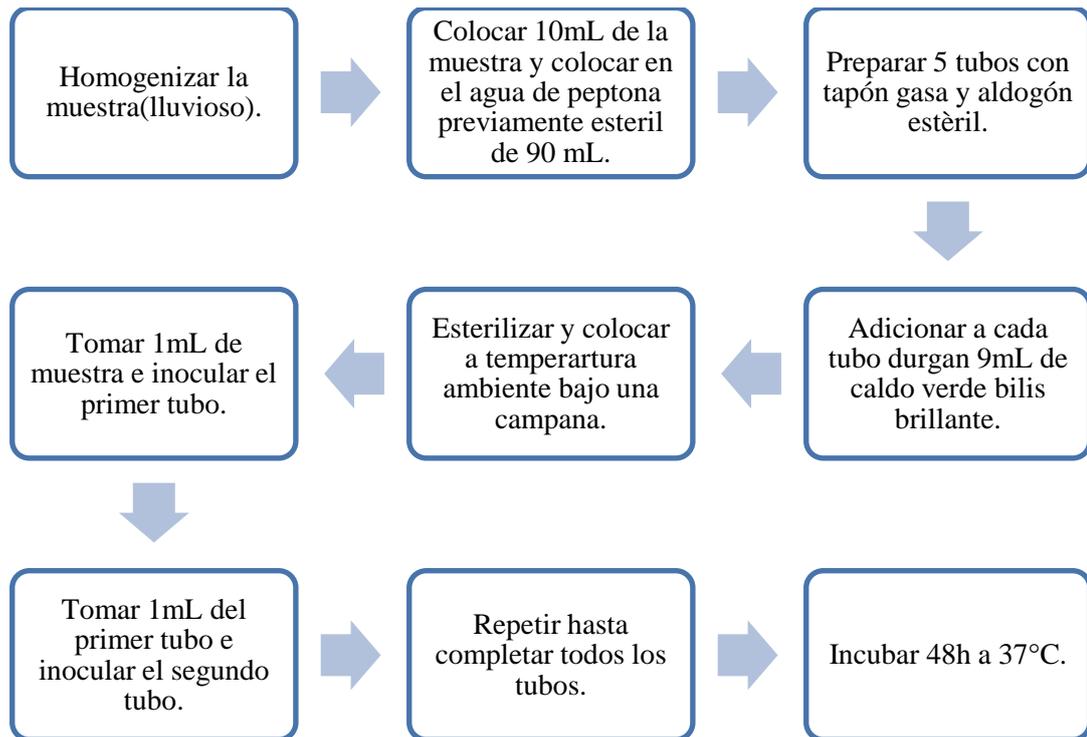


Ilustración 16-2: Confirmación de coliformes totales y fecales por el método de NMP

Fuente: (INEN 2020).

2.10.2 Determinación de Coliformes totales y fecales por método de filtración de membrana

Este método consiste filtrar una muestra de agua utilizando filtros estériles y desechables, lo que garantiza que el proceso sea 100 % estéril; luego se debe añadir el medio de cultivo necesario para el microorganismo; m –FC con ácido rosólico para determinar coliformes fecales y medio MI broth para determinación de coliformes totales (INEN 2020). El procedimiento que seguir es el siguiente:

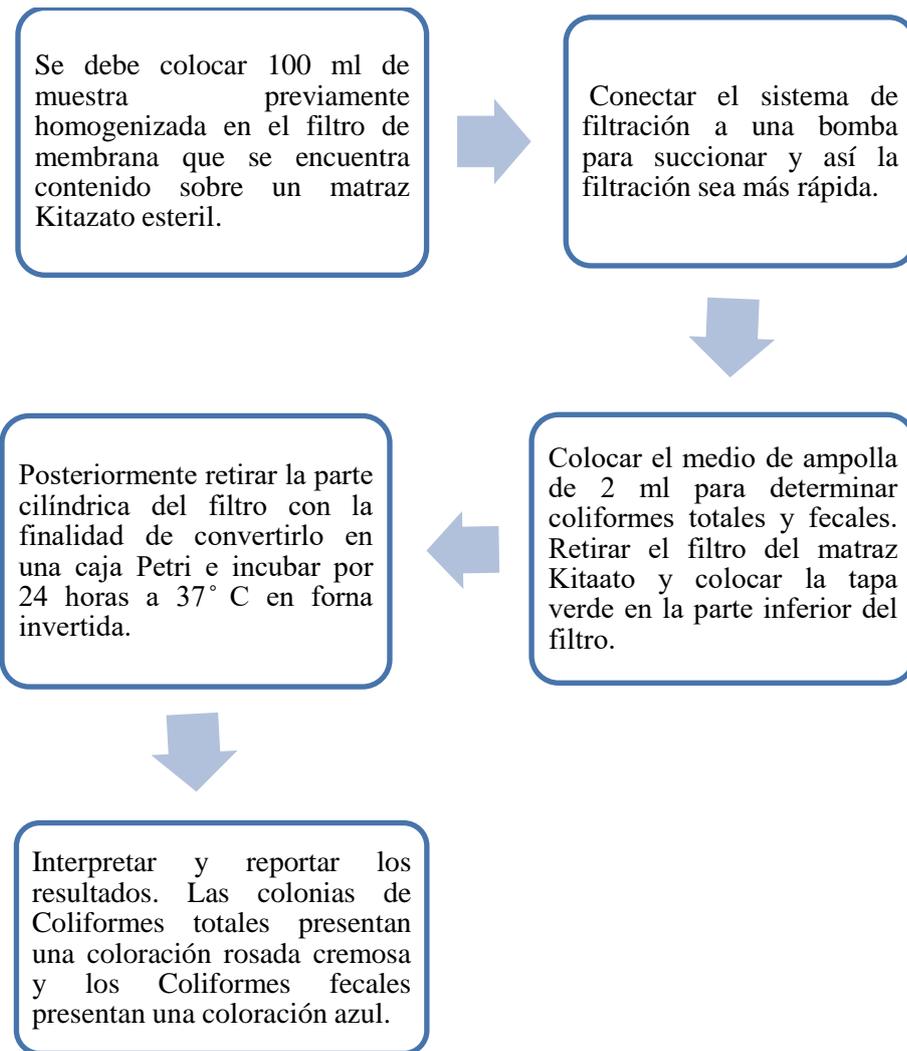


Ilustración 17-2: Proceso para Coliformes totales y fecales por filtración de membrana

Fuente: (INEN 2020).

2.10.3 Aislamiento bacteriano de filtración de membrana

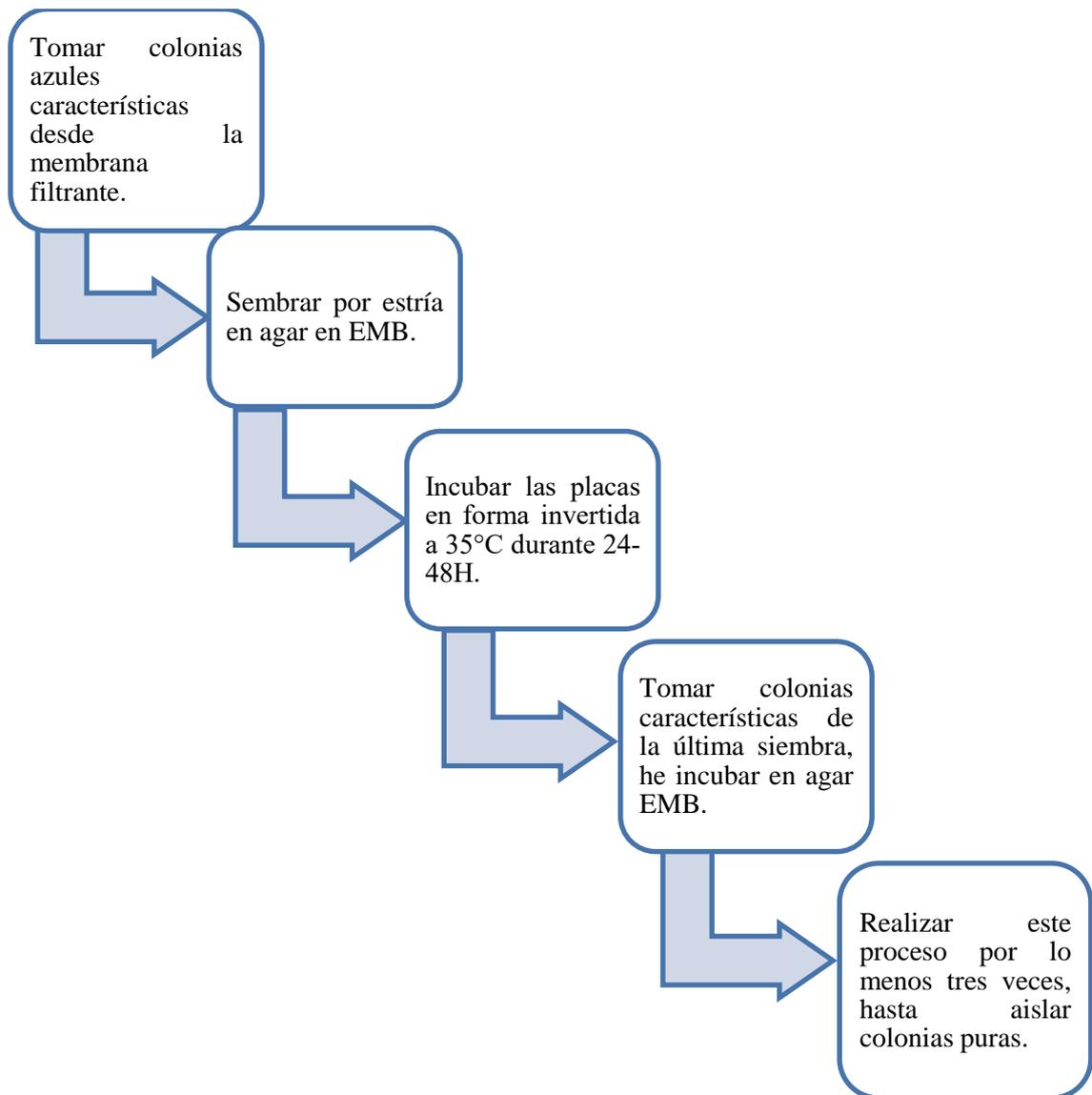


Ilustración 18-2: Aislamiento de *E. coli* por filtración de membrana

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.10.4 Preparación de medios de cultivo para el aislamiento bacteriano

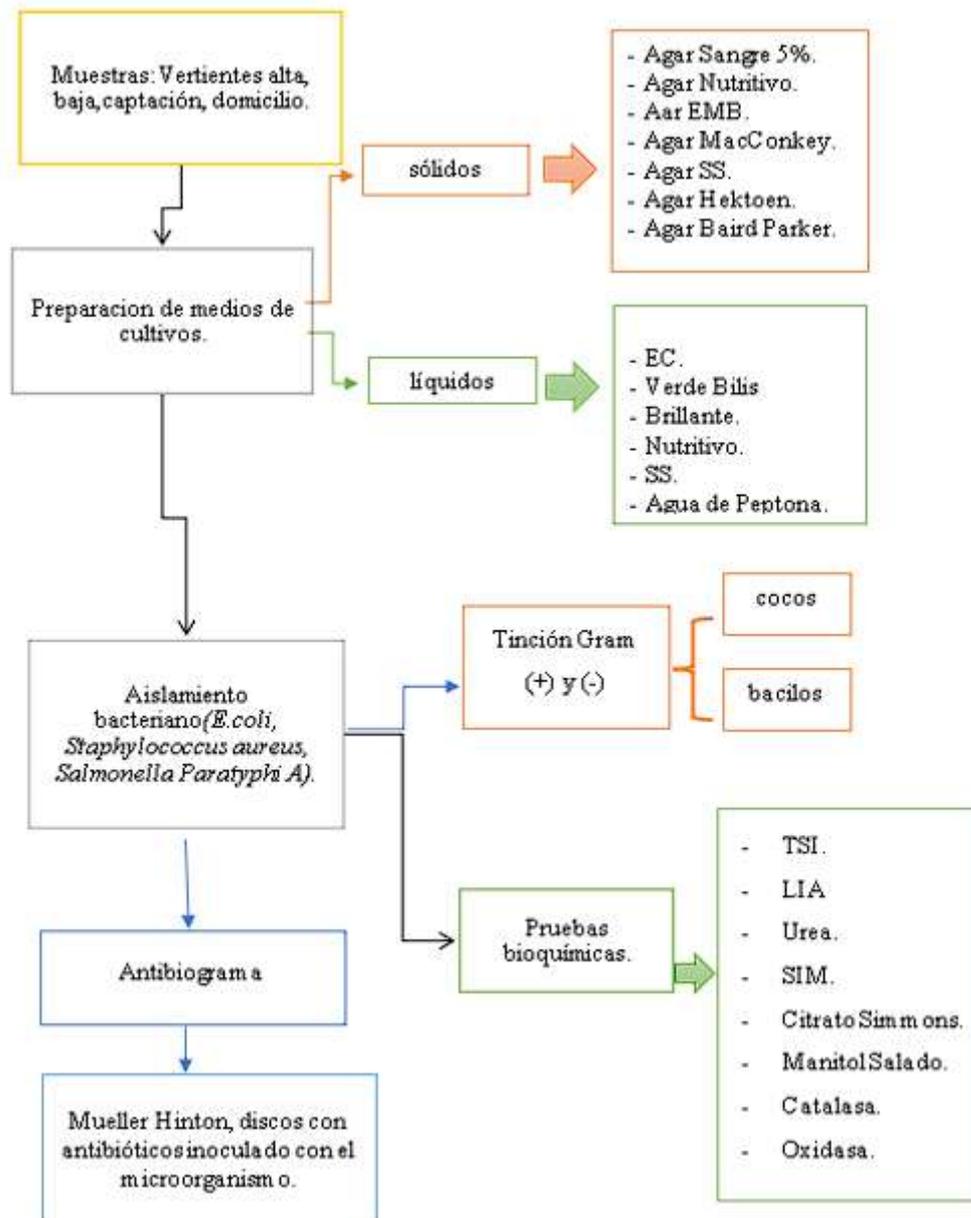


Ilustración 19-2: Proceso de Aislamiento microbiano

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

Seleccionar los medios de cultivo que permitan el desarrollo de un gran número de especies como agar nutritivo y medios selectivos como agar MacConkey, agar Hektoen, agar *Salmonella Shigella*, caldo Verde Bilis Brillante, caldo Lactosado, caldo EC así como también medios que permitan el crecimiento de microorganismos aerobios estrictos como agar Sangre.

2.10.5 Medios sólidos: Agar Nutritivo, Agar MacConkey, Agar EMB

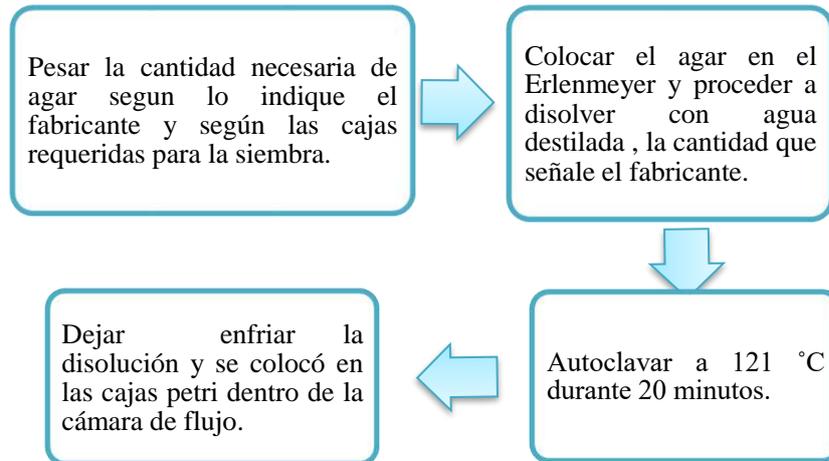


Ilustración 20-2: Preparación de medios de cultivo Agar Nutritivo, Agar MacConkey, Agar EMB

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.10.6 Medio sólidos: Agar Hektoen y agar Salmonella Shigella

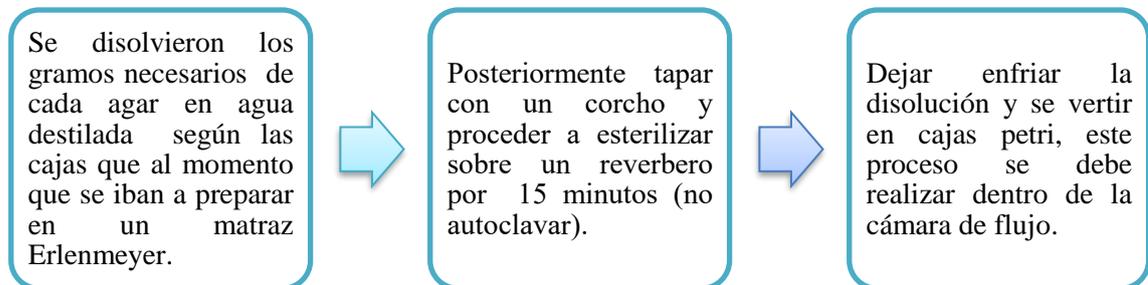


Ilustración 21-2: Preparación de medios de cultivo Agar Hektoen y Agar *Salmonella Shigella*

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.10.7 Medios solidos: Agar Sangre, Agar Baird Parker

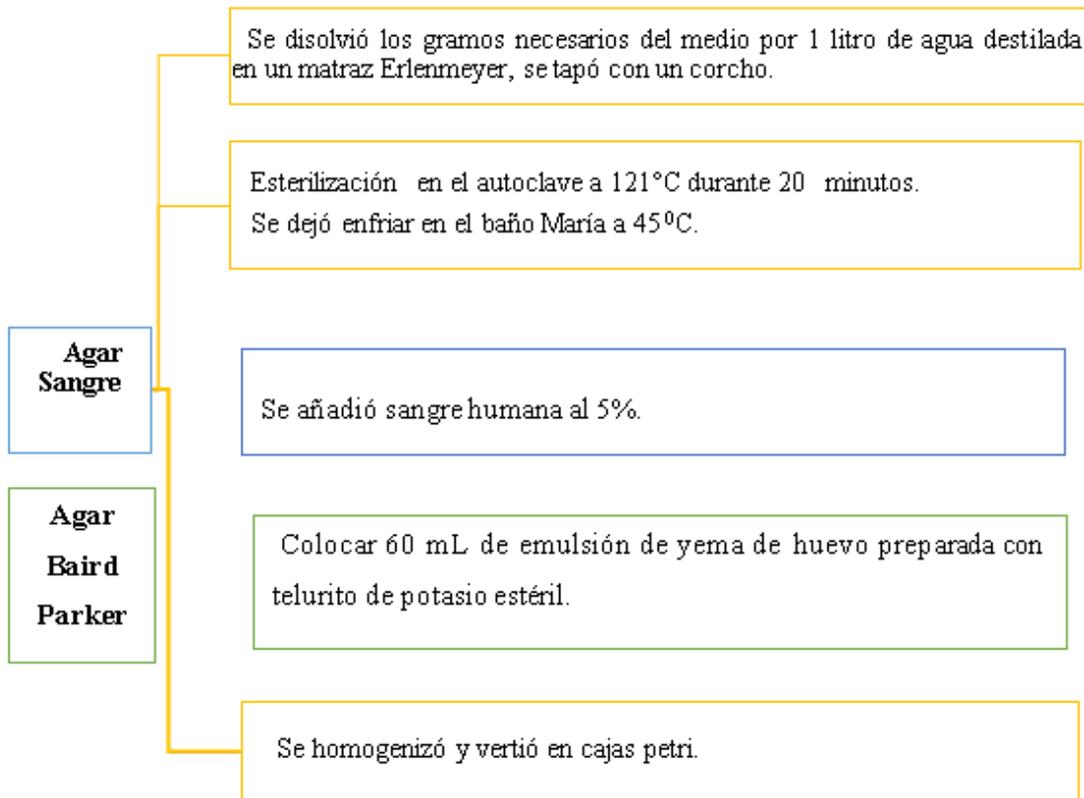


Ilustración 22-2: Preparación de medios de cultivo Agar Sangre, Agar Baird Parker

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.10.8 Medios líquidos: Caldo lactosado, Caldo Bilis Verde Brillante, Caldo EC, Caldo SS, Caldo Nutritivo

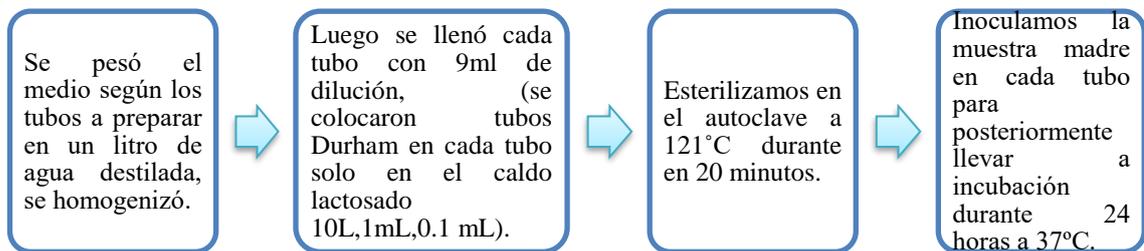


Ilustración 23-2: Preparación de medios de cultivo Caldo Lactosado, Caldo Bilis Verde Brillante, Caldo EC, Caldo SS, Caldo Nutritivo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.11 Aislamiento de bacterias

2.11.1 Aislamiento en medios líquidos

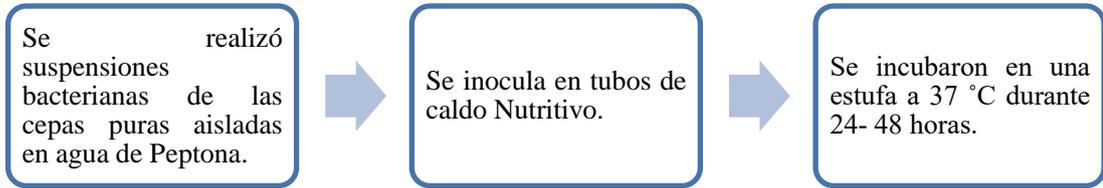


Ilustración 24-2: Siembra en agua de Peptona y caldo Nutritivo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.11.2 Siembra por agotamiento

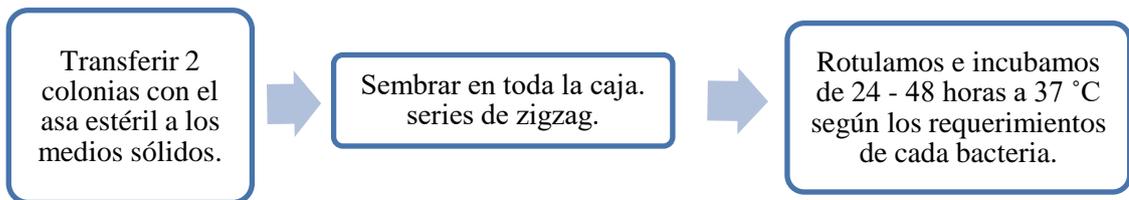


Ilustración 25-2: Siembra en medios de cultivos sólidos

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.12 Tinción Gram

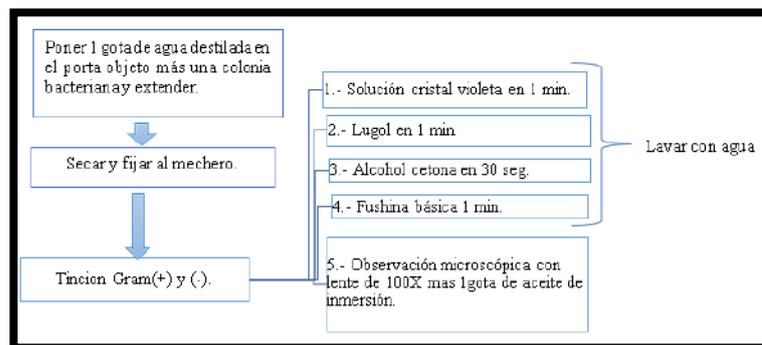


Figura 26-2: Proceso para tinción Gram

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.13 Pruebas bioquímicas para la identificación de bacterias

2.13.1 Siembra en tubo inclinado

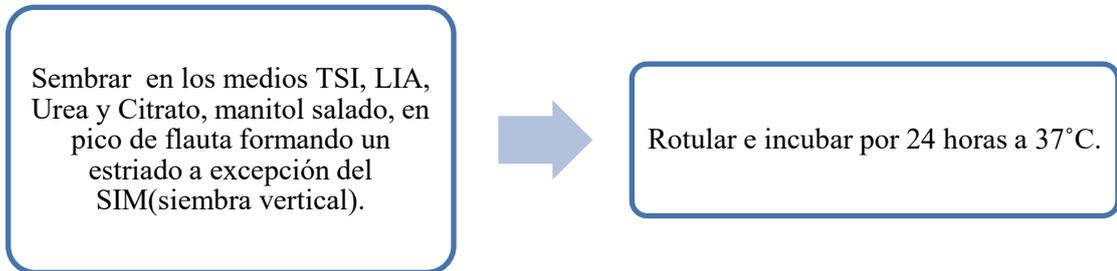


Ilustración 27-2: Siembra en pico de flauta

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

2.13.2 Prueba de fermentación TSI (hierro Triple Azúcar), LIA, Citrato de Simmons, Urea, Manitol Salado

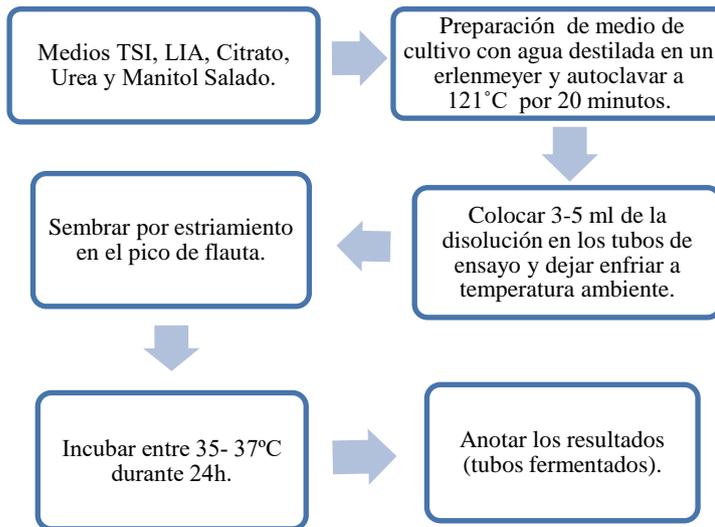


Ilustración 28-2: Siembra en pico de flauta TSI, LIA, Citrato, Urea, Manitol Salado

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.13.3 Prueba de SIM (movilidad, producción de indol y ácido sulfhídrico)

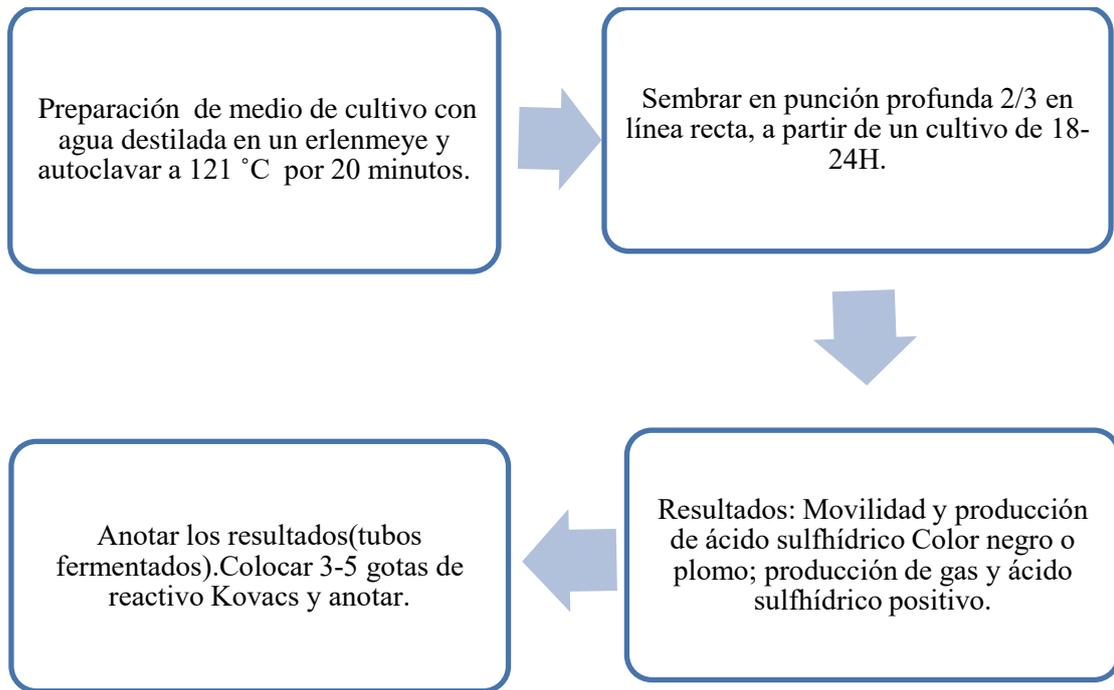


Ilustración 29-2: Siembra en SIM

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.13.4 Procedimiento para prueba de catalasa

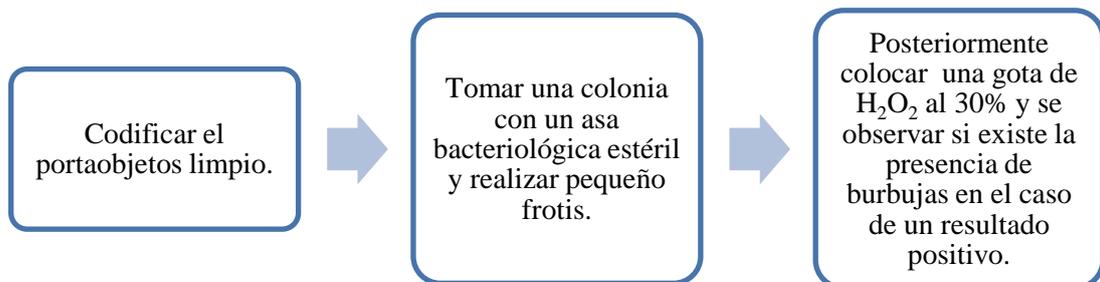


Ilustración 30-2: Proceso para prueba de Catalasa

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.13.5 Prueba de oxidasa y coagulasa

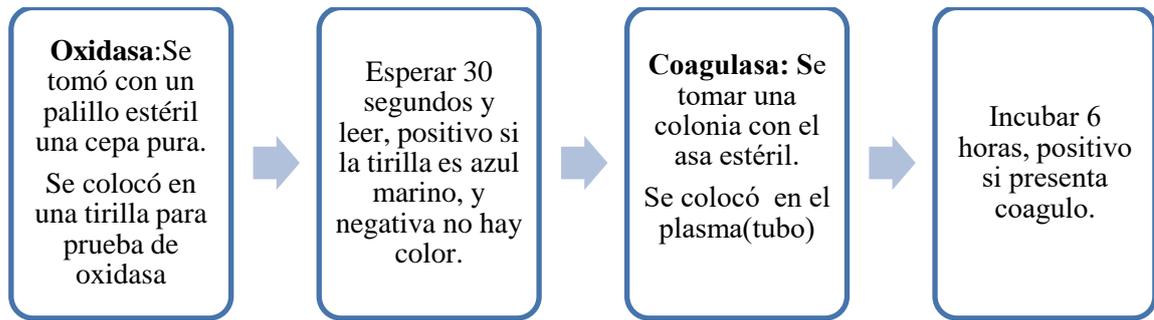


Ilustración 31-2: Proceso de prueba de oxidasa y coagulasa

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

Se tomó con un palillo estéril una pequeña cantidad de muestra de un clon puro. - Se colocó en una tirilla para prueba de oxidasa la muestra tomada. - Luego de transcurrir unos 30 segundos se leyó el resultado para lo cual se considera positiva si la tirilla toma una coloración azul marino, y negativa si la tirilla no presenta cambio de coloración. - Se repitió el proceso anteriormente indicado con todos los clones puros seleccionados.

2.14 Resistencia bacteriana

Para este análisis, se emplean discos de papel impregnados con una solución estandarizada de antibiótico, los cuales se colocan sobre la superficie de un medio sólido previamente inoculado. Se debe incubarse durante la noche, sembrando cada cepa en placas de Petri con medio Müller Hinton que contiene diversos antimicrobianos. Las placas se incuban a temperaturas entre 35-37°C, durante un periodo de 12 a 18 horas, durante el cual se determina la inhibición del crecimiento bacteriano.

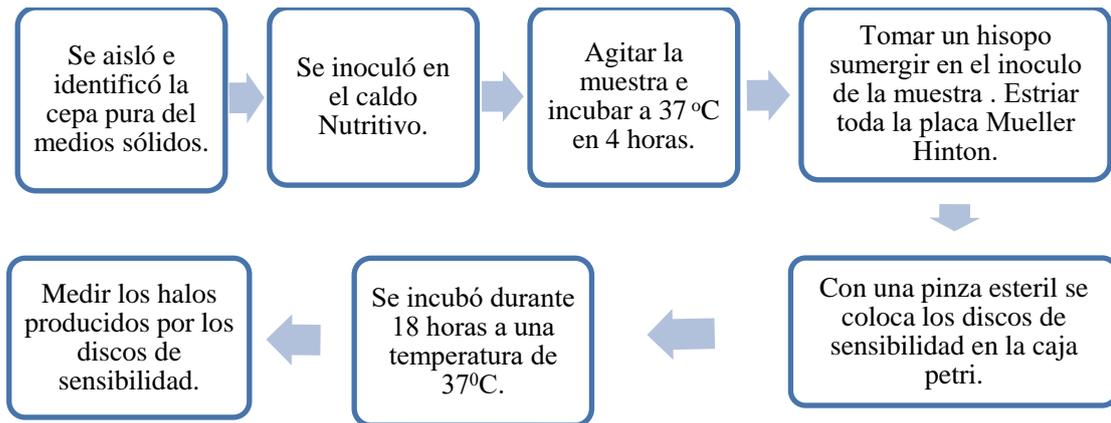


Ilustración 32-2: Proceso para resistencia bacteriana.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.14.1 Procedimiento para el análisis parasitológico mediante el método de centrifugado para *Giardia lamblia*

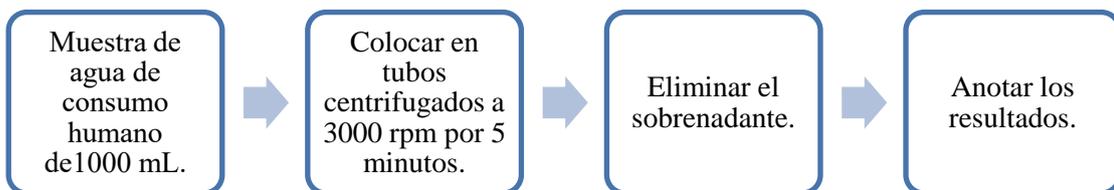


Ilustración 33-2: Procedimiento para determinar *Giardia lamblia*

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.14.2 Procedimiento para el análisis parasitológico mediante el método de centrifugado para *Cryptosporidium parvum*

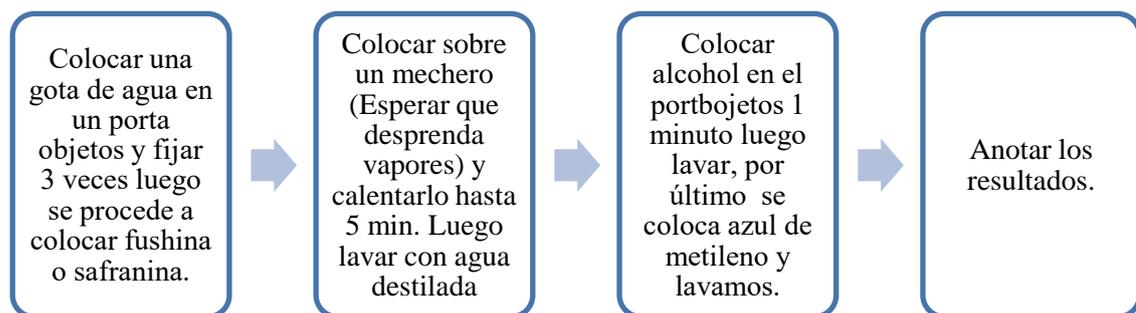


Ilustración 34-2: Procedimiento para determinar *Cryptosporidium parvum*

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.14.3 Determinación de aerobios mesófilos, mohos y levaduras

Se utilizaron placas Petri Film que son placas que vienen compuestas por nutrientes del agar, agente fertilizante soluble en agua fría y un tinte indicador de color que facilita el recuento de las

colonias; este método se halla validado y reconocido para sembrar los microorganismos requeridos como es el caso de aerobios mesófilos, mohos y levaduras y otros. En cuanto a la determinación de aerobios mesófilos las colonias crecen de color rojo y las colonias de mohos y levaduras se caracterizan por ser de color morado; así mismo se debe tener en consideración el tiempo de incubación respectivo para cada microorganismo, mohos y levaduras se deben incubar a 25 ° C por 72 h es decir 7 días; mientras que los aerobios mesófilos se desarrollan a una temperatura de 37 ° C por 24 horas. El procedimiento por seguir es:

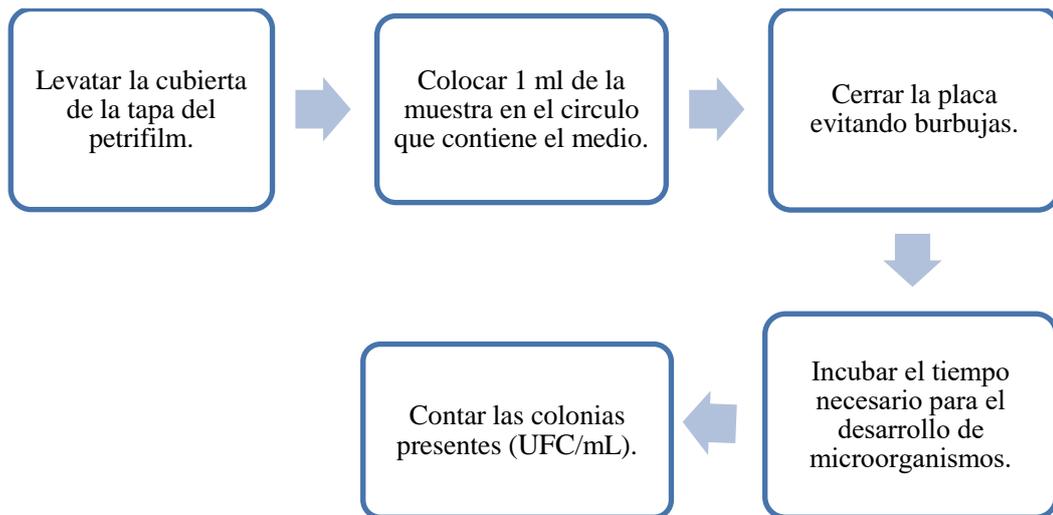


Ilustración 35-2: Procedimiento para aerobios mesófilos, mohos y levaduras en Placas Petri Film

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.15 Materiales, equipos y reactivos

2.15.1 Materiales

Tabla 2-2: Materiales de laboratorio

Materiales de laboratorios	
Cooler	Mandil
Frascos estériles	Mascarilla
Mechero alcohol	Cofias
Marcador permanente	Guantes
Cajas petri	Gasa
Regla	Espátula
Cinta maski	Algodón
Tijeras	Fundas de tela

Cuaderno de apuntes	Reverbero
Pizeta	Papel aluminio
Tubos estériles y corcho	Goteros
Isopos	Gradilla
Lápiz graso	Placas cobre objetos
Pera de succión	Placas porta objetos
Varillas de agitación	Asa de platino
Erlenmeyer de 250	Puntas amarillas
Probeta de 250	Puntas azules
Gel pack refrigerante	Vasos de precipitación
Gradillas	Franela

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

2.15.2 Equipos y reactivos

Tabla 3-2: Análisis físico

Análisis físico	
Parámetro	Equipos
Color	Equipo HACH DR 2800
Turbiedad	Turbidímetro
STD, pH(químico)	pH-metro (multiparámetro)
Conductividad	pH-metro (multiparámetro)

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

Tabla 4-2: Análisis químico

Análisis químico		
Parámetro	Reactivo	Equipo
Dureza	KCN al 1%, sln buffer pH10, Negro de Ericromo T, EDTA 0.02	Equipo volumétrico (bureta, balón aforado)
Alcalinidad	Naranja de metilo, H ₂ SO ₄	Equipo volumétrico (bureta, balón aforados)
Calcio	KCN, NaOH, murexida, EDTA 0.02	Equipo volumétrico (bureta, balón aforado)

Magnesio	HCL 1N, NaOH 1N, murexida, EDTA 0.02	Equipo volumétrico (bureta, balón aforado)
Nitratos	NitraVer 5	HACH DR2800
Nitrito	NitriVer 3	HACH DR2800
Cloro libre residual	DPD	HACH DR2800
Fluoruro	Fluoride	HACH DR2800
Sulfatos	Sulfaver	HACH DR2800
Fosfatos	PhosVer 3	HACH DR2800
Hierro	FerroVer	HACH DR2800
Amonios	Amonia Cyanurat	HACH DR2800

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

Tabla 5-2: Análisis microbiológico

Análisis microbiológico		
Parámetro	Medios	Equipos
Filtración de membrana Coliformes Fecales Coliformes totales	m-FC ácido rosólico MI Broth EMB	Bomba para succinar, matraz Kitazato
Aislamiento bacteriano	Agar sangre Agar Nutritivo Agar EMB Agar MacConkey Agar SS Agar Hecktoen Agar Baird Parker	Estufa 35 ⁰ C. Cámara de flujo laminar
Parámetro	Reactivos	Equipos
Tinción Gram	Safranina Cristal violeta Alcohol Cetona Lugol	Microscopio óptico
Pruebas bioquímicas	Oxidasa Catalasa Agar TSI Agar Urea Agar LIA Agar SIM Agar Citrato de Simmos Agar Manitol Salado	Estufa 35 ⁰ C. Cámara de flujo laminar Tiras de oxidasa

Antibiograma	Agar Mueller Hinton	Discos de sensibilidad
Parásito	Ziehl Neelsen Lugol Fushina Alcohol Azul de metileno	Centrifuga 300 rpm Microscopio óptico
Aerobio mesófilo	Petrifilm	Estufa 35 ⁰ C. Cámara de flujo laminar
Hongos	Petrifilm	Estufa 35 ⁰ C. Cámara de flujo laminar

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo discutiremos los resultados de análisis físico-químico y microbiológico del agua de la comunidad Airón cantón Chambo Provincia de Chimborazo.

3.1 Caracterización física

Tabla 1-3: Parámetros físicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo

Parámetro físico		Color	Turbiedad	STD	Conductividad
Límite permisible NTE INEN 1108:2020		15 Pt-Co	5 UNT	1000 mg/L	OMS- 1995 1500 µS/cm
Lugar de muestreo	VA	10,00	0.61	92.46	152.20
	VB	16.30	15.28	88.85	162.90
	CU3V	6.00	0.20	172.00	159.90
	D(A)	4.00	0.15	100.10	164.80
Promedio		9.08	4.06	113.35	159.95
Media		9.08	4.06	113.35	159.95
Desviación Estándar		5.46	7.51	38.87	5.33

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

3.1.1 Color

Tabla 2-3: Cumplimiento del parámetro color en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (15 Pt-Co)	Número de muestras	%
Cumple	3	75
No cumple	1	25
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

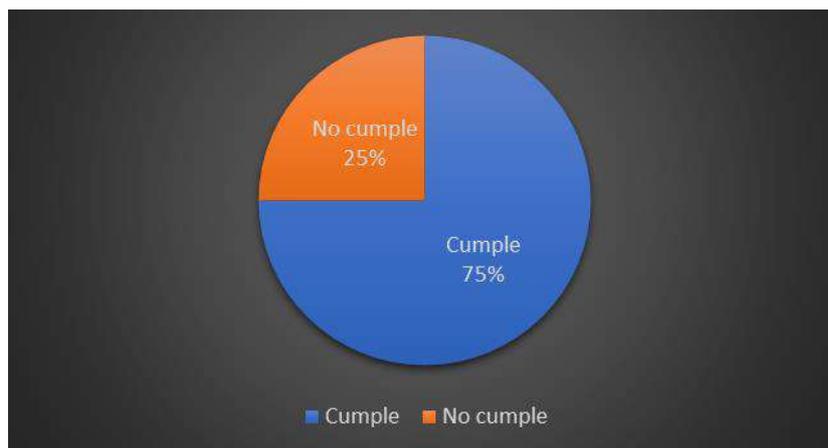


Ilustración 1-3: Cumplimiento del parámetro color en contraste con la norma NTE INEN 1108

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 2-3 nos indica, que en 3 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de color están dentro del límite máximo permitido (15 Pt-Co), mientras que una muestra se encuentra rebasando el límite máximo permisible establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable.

Para (Chacón Chaquea, 2017), el color de las aguas superficiales y subterráneas se debe principalmente a la presencia de materia orgánica, especialmente materia húmica en el agua. Como sugiere su nombre, el humus consiste en ácidos fúlvicos y húmicos, que son los responsables del color marrón amarillento. Los ácidos húmicos dan un color más fuerte; además, la presencia de hierro intensifica el color debido a la formación de humatos de hierro solubles. Se puede confirmar que el color aparente es el color que presenta el agua al momento de la recolección sin pasar por un filtro de 0,45 micras para eliminar la interferencia de color por material en suspensión y disuelto.

En contraste con la investigación realizada por (Correa y Rodríguez 2022), donde la toma de muestra de la vertiente Curingui Wachana la cual fue asignada por el MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA – DIRECCIÓN ZONAL CHIMBORAZO, OFICINA TÉCNICA LATACUNGA, para su respectivo análisis físico, químico y micro bacteriológico tomando en cuenta la NORMA INEN 1108, donde se obtuvo que el color está en los 15 (Pt-Co), cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma, al igual que en el caso de la presente investigación.

3.1.2 Turbiedad

Tabla 3-3: Cumplimiento del parámetro turbiedad en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (5 UNT)	Número de muestras	%
Cumple	3	75
No cumple	1	25
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

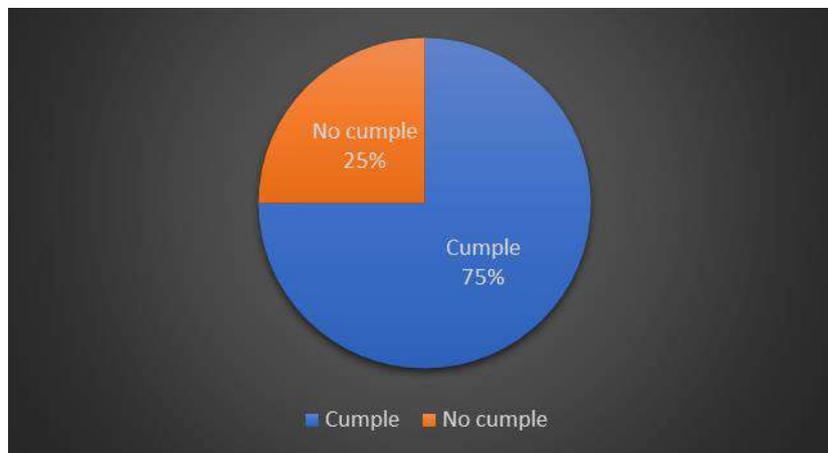


Ilustración 2-3: Cumplimiento del parámetro turbiedad en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 3-3 nos indica que, en 3 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de turbiedad están dentro del límite máximo permitido (5 UNT), mientras que una muestra se encuentra por encima del límite máximo permisible establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable, con 15.28 UNT.

Su presencia indica que el agua puede contener sustancias ligadas a partículas coloidales o en suspensión como arcilla, materia orgánica e inorgánica, plancton, microorganismos, entre otros. La turbidez mide la capacidad del agua para dispersar y absorber la luz a través de la muestra y es importante por razones estéticas, movilidad y eficiencia de desinfección, ya que los niveles altos protegen a los microorganismos de la contaminación. bacterias y necesitan más cloro (Ortiz 2015).

Por otro lado, en el trabajo realizado por (Ortiz 2015), se muestra que durante el período Junio-Julio del 2015 a partir de los dos muestreos efectuados por duplicado, donde todas las muestras analizadas que corresponden al 100%, se encuentran dentro del límite máximo permitido por la NTE INEN 1108:2020. Esto asegura una adecuada calidad del agua suministrada por JAAPARY a sus beneficiarios en base a este parámetro.

3.1.3 Sólidos totales disueltos

Tabla 4-3: Cumplimiento del parámetro STD en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (1000 mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

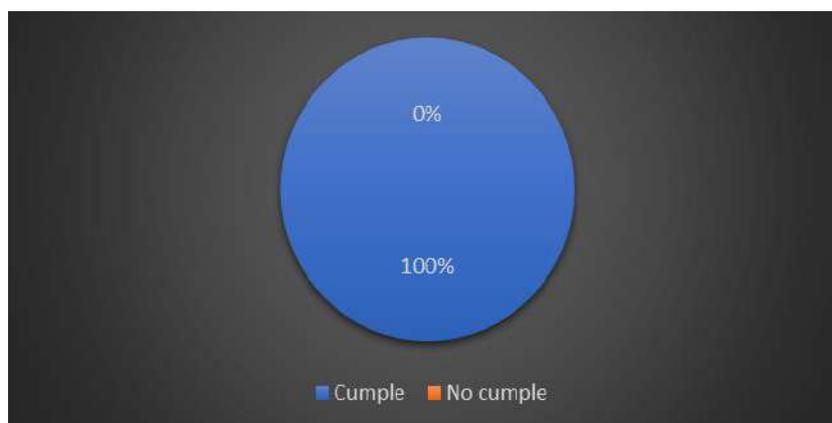


Ilustración 3-3: Cumplimiento del parámetro STD en contraste con la norma NTE INEN 1108

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 4-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de sólidos totales disueltos están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 1000 mg/L, establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable.

Es una medida de materia en una muestra de agua que es más pequeña que 2 micras (2 millonésimas de metro) y no se puede eliminar con un filtro estándar. STD es básicamente la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en agua y es un buen indicador de la

calidad del agua. La Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (USEPA) ha clasificado el STD como un contaminante secundario con una concentración máxima de 500 mg/L en el agua potable. Este estándar secundario se establece porque los STD elevados le dan al agua una apariencia turbia y estropean el sabor del agua. Las personas que no están acostumbradas al agua con altas concentraciones de STD pueden experimentar irritación gastrointestinal al beberla (Sigler y Bauder 2016).

Al relacionar este parámetro con los resultados obtenidos en la investigación realizada en agua potable JAAPARY, se encuentra ubicada en el caserío Atillo, perteneciente al cantón Mocha, provincia del Tungurahua, los datos concuerdan ya que no superan los límites máximos, presenta los resultados obtenidos en el análisis de sólidos totales disueltos durante la investigación, mismos que están dentro del límite permitido por la norma NTE INEN 1108:2006, siendo el valor más alto de 207 mg/L y el más bajo de 50 mg/L (Ortiz 2015).

3.1.4 Conductividad

Tabla 5-3: Cumplimiento del parámetro conductividad en contraste con la OMS -1995

Límite máximo permisible por la norma OMS - 1995 (1500 μ S/cm)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

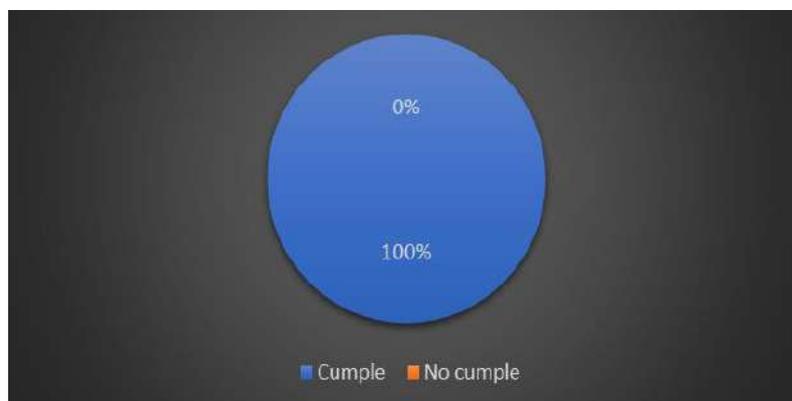


Ilustración 4-3: Cumplimiento del parámetro conductividad en contraste con la OMS.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 5-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de conductividad están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS)-1995 de agua potable. La conductividad eléctrica (CE) del agua indica su capacidad para transportar una corriente eléctrica. En el Sistema Internacional de Unidades, la CE se expresa como siemens por metro (S/m), pero por simplicidad se usa $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C. La conductividad del agua está relacionada con la concentración de sales en la solución, cuya disociación produce iones que pueden transportar una corriente eléctrica. La solubilidad de las sales en agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en función de la temperatura del agua (Solís-Castro, Zúñiga-Zúñiga y Mora-Alvarado 2018).

De acuerdo con (Solís-Castro, Zúñiga-Zúñiga y Mora-Alvarado 2018), en su investigación denominada “La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica” mayoría de las fuentes de energía tienen conductividades que oscilan entre los 50 y 549 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en pozos y 25 a 499 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en manantiales, con algunas excepciones. La mayoría de los pozos tienen conductividades en el rango de 150 a 199 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que un porcentaje mínimo está por debajo de 149 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y por encima de 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para los manantiales, las conductividades varían principalmente entre 100 y 199 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con conductividad de bajo rendimiento por encima de 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Con lo cual se puede verificar que son valores que se encuentran bajo los límites permitidos.

3.2 Caracterización química

Tabla 6-3: Parámetros químicos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo

Parámetro químico	Dureza	Alcalinidad	Calcio	Magnesio	pH	
Límite permisible OMS-1995	200mg/L	250-300 mg/L	70mg/L	30-50 mg/L	NTE INEN 1108:2020 6.5-8.5 Unid	
Lugar de muestreo	VA	0.90	100.00	1.20	0.80	6.38
	VB	120.00	90.00	7.00	10.10	6.83
	CU 3V	120.00	120.00	10.60	13.60	6.31
	D(A)	128.00	128.00	10.90	14.10	6.52

Promedio	67.48	109.5	7.43	9.65	6.51
Media	67.48	109.5	7.43	9.65	6.51
Desviación Estándar	61.97	12.85	4.40	5.93	0.21

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

3.2.1 Dureza

Tabla 7-3: Cumplimiento del parámetro dureza en contraste con la norma OMS-1995

Límite máximo permisible por la norma OMS (200mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

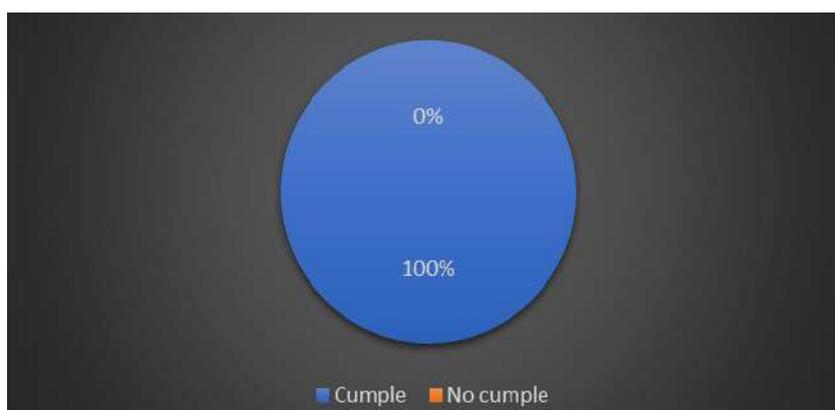


Ilustración 5-3: Cumplimiento del parámetro dureza en contraste con la OMS.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 7-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de dureza están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 250 a 300 mg/L, establecido por la norma dada por la OMS para agua de consumo humano. Cuando el agua se llama agua "dura", simplemente significa que contiene más minerales que el agua normal. En particular, hay minerales calcio y magnesio. La presencia de calcio y magnesio en el agua en alta proporción o también llamadas aguas duras (Rodríguez 2009).

El agua dura es agua que contiene muchos minerales y varias cantidades de compuestos, especialmente magnesio y sales de calcio. Son la causa de la dureza del agua, y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de estas sales. Es el agua que no hace espuma

con el jabón, que a veces mancha la ropa, no pudiendo lavarla bien, forma una costra dura en las ollas y grifos ya veces tiene un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con jabón o al hervirla (Rodríguez 2009).

Según el estudio realizado por (Rodríguez 2009), el distrito que tiene el agua más dura es el de Tacares con un contenido promedio de 95.26 ppm de CaCO_3 , sin embargo, se encuentra por debajo del valor recomendado. El distrito con menor concentración de dureza cálcica es Bolívar con 50.09 ppm CaCO_3 . El agua de los distritos de Tacares, Puente Piedra, San Roque y San José es considerada como agua moderadamente dura, que es el agua que se encuentra menor a las 120 ppm de CaCO_3 . El agua de los distritos de Grecia, San Isidro y Bolívar es considerada como agua blanda, que no supera las 60 ppm de CaCO_3 .

3.2.2 Alcalinidad

Tabla 8-3: Cumplimiento del parámetro alcalinidad en contraste con la norma de la OMS-1995

Límite máximo permisible por la norma OMS (250-300mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

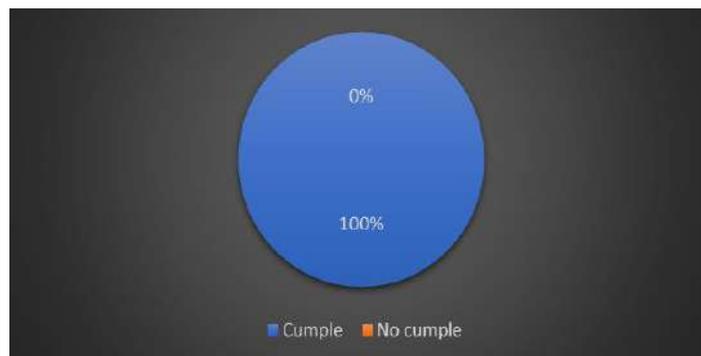


Ilustración 6-3: Cumplimiento del parámetro alcalinidad en contraste de la OMS.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 8-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de alcalinidad están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 200 mg/L, establecido por la norma dada por la OMS para agua de consumo humano.

La alcalinidad se refiere a la capacidad del agua para mantener su valor de pH a pesar del contacto con una solución ácida o alcalina. Corresponde principalmente a hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de iones Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio y Amonio; los más comunes son el calcio y el magnesio. La alcalinidad se determina por titulación con ácido y el resultado se expresa en miligramos de CaCO_3/l . El principal efecto de la alcalinidad es su reacción con ciertos cationes en el agua, lo que resulta en la formación de precipitados. Sabiendo que la alcalinidad es la capacidad de neutralizar el ácido; En cuanto a la alcalinidad del hidróxido se puede decir que: Si el carbonato se precipita añadiendo un exceso de cloruro de bario, el ion hidróxido se puede estimar satisfactoriamente en presencia del carbonato precipitado (Pérez-López 2016).

En los resultados de alcalinidad del estudio realizado por (Pérez-López 2016), el rango de la alcalinidad en aguas domésticas, es decir, el agua potable, oscila en valores de 50 a 200 mg/L CaCO_3 . A nivel internacional se acepta una alcalinidad mínima de 20 $\text{mg de CaCO}_3/\text{L}$ para mantener la vida acuática, pero en nuestra normativa y en relación a los resultados obtenidos en la presente investigación, el límite corresponde a 300 mg/l ; sin embargo las muestras no presentan más de 128 mg/l de alcalinidad.

3.2.3 Calcio y Magnesio

Tabla 9-3: Cumplimiento del parámetro calcio y magnesio en contraste con la norma de la OMS-1995

Límite máximo permisible por la norma de la OMS Calcio (70 mg/L)	Límite máximo permisible por la norma de la OMS Magnesio (30-50 mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	Cumple	4	100
No cumple	No cumple	0	0
TOTAL	TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

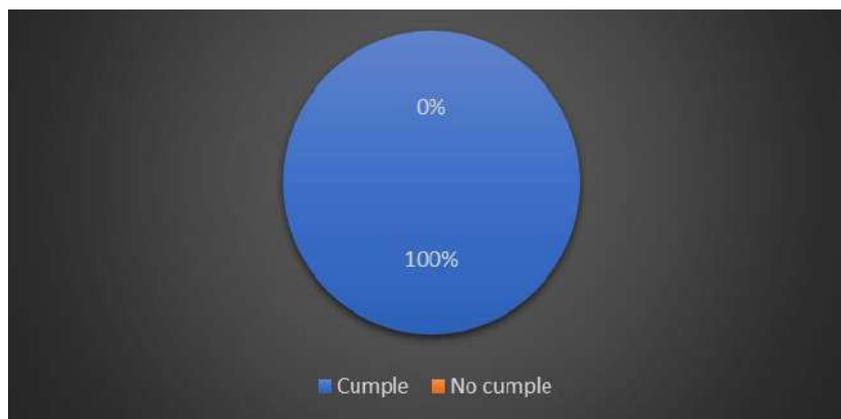


Ilustración 7-3: Cumplimiento del parámetro calcio y magnesio en contraste dada por la OMS.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 9-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de calcio están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 70 mg/L, establecido por la norma dada por la OMS para agua de consumo humano. Además, nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de magnesio están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 30-50 mg/L, establecido por la norma dada por la OMS para agua de consumo humano.

El calcio es un elemento químico de símbolo Ca y número atómico 40. Se encuentra en el medio interno de los organismos como iones de calcio (Ca^{2+}) o formando partes de otras moléculas; en algunos seres vivos se encuentra depositado como interno o exoesqueleto. Los iones de calcio actúan como cofactor en muchas reacciones enzimáticas y participan en el metabolismo del glucógeno con potasio y sodio que regulan las contracciones musculares. La proporción de calcio en los organismos varía y depende de las especies, pero en promedio es de 2,45% en todos los seres vivos; en vegetales, es solo 0.007 por ciento. El magnesio es más abundante en agua y es, con raras excepciones, el catión más abundante. De yeso o silicatos o calizas o dolomitas bajo la acción del anhídrido carbónico, pasa al agua por simple disolución (Rodríguez 2009).

El magnesio no está libre en la naturaleza. Se encuentra con el carbonato, para formar un mineral llamado magnesita o giobertita. Al igual que el sulfato y el cloruro, forma parte de sales gemelas en varios depósitos. Los silicatos más comunes con los que se asocia el magnesio son talco con la fórmula, asbesto, sepiolita o cera marina. Generalmente se encuentra en el agua en cantidades mucho más pequeñas que el calcio, pero su importancia biológica es grande porque es necesario en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos y también funciona en la estructura ósea. Una

persona adulta debe tomar un promedio de 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy alta, puede actuar como laxante e incluso darle un sabor amargo (Rodríguez 2009).

En el estudio realizado por (Pérez-López 2016), los resultados para la determinación de calcio y magnesio por absorción atómica evidencian que, en todos los casos, las cantidades de ambos elementos son óptimas para el consumo humano, puesto que sus valores están dentro de los recomendados por el Reglamento, que corresponden a 100 mg/L y 30 mg/L para calcio y magnesio, respectivamente. Los resultados oscilan entre 0 y 32,1 mg/L en el caso del calcio; y de 2,3 y 7,4 con respecto al magnesio. En esta investigación los valores que se obtuvieron están entre 1.2 y 10.9 mg/l para el calcio; y de 0.8 a 14.1 para el caso del magnesio.

3.2.4 pH

Tabla 10-3: Cumplimiento del parámetro pH en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (6.5-8 Unidades)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

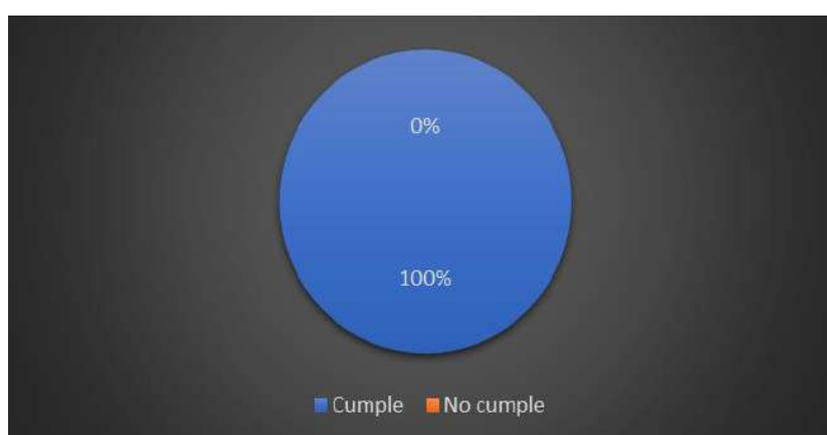


Ilustración 8-3: Cumplimiento del parámetro pH en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 10-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de pH están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 6.5-8 unidades, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable.

Se define como el logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno. La escala de pH va de 0 (muy ácido) a 10 (muy básico), donde 7 es neutralidad exacta a 25°C. El valor de pH del agua puede ser natural o artificial, puede variar de 4,5 a 8,5 e incluye agua de lluvia con un pH 5,6 en equilibrio con el CO₂ atmosférico. La causa natural es el dióxido de carbono disuelto, de la atmósfera y, más importante, que se encuentra en la zona de infiltración de la tierra, formada por la respiración y respiración y fotosíntesis de los organismos vivos. organismos acuáticos (Rodríguez 2009).

Conforme con la investigación realizada por (Rodríguez 2009), en lo que respecta al pH, solamente el distrito San José, está por debajo del límite inferior de 6,5. Los demás distritos se encuentran entre los valores normales. Como se puede ver en nuestra comparativa, los valores de igual forma están dentro de los límites establecidos por las normas nacionales, a diferencia del distrito de Grecia que permite a partir de 6.5 en su pH.

Tabla 11-3: Parámetros químicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo

Parámetro químico		Nitratos	Nitritos	Fluoruros	Parámetro químico	Cloro libre residual	
Límite permisible NTE INEN 1108:2020		50 mg/L	3 mg/L	1.5 mg/L	Límite permisible NTE INEN 1108:2020	0.3-1.5 mg/L	
Lugar de muestreo	VA	0.80	0.004	0.90	Lugar de muestreo	D(A)	0.8
	VB	1.80	0.005	1.20		D(B)	0.31
	CU3	0.30	0.004	1.50		D(C)	0.18
	V						
	D(A)	0.40	0.012	1.50		D(D)	0.08
Promedio		0.83	0.006	1.28	Promedio	0.34	
Media		0.83	0.006	1.28	Media	0.34	
Desviación Estándar		0.90	0.008	0.44	Desviación Estándar	0.39	

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

3.2.5 Nitratos

Tabla 12-3: Cumplimiento del parámetro nitratos en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (50 mg/L)	Número muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

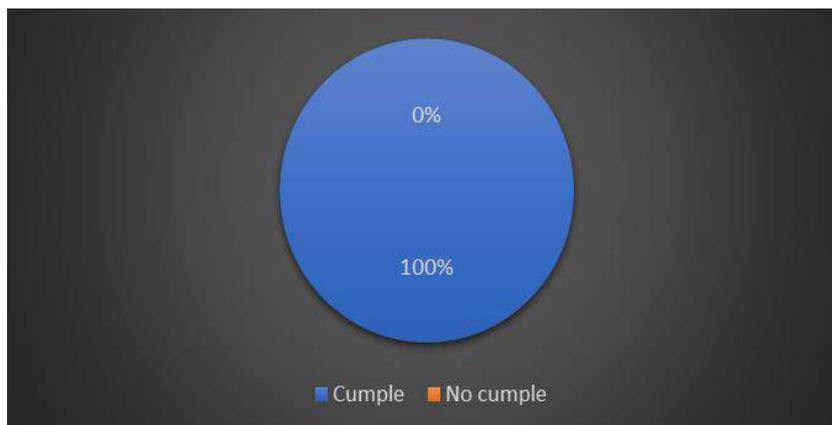


Ilustración 9-3: Cumplimiento del parámetro nitratos en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 12-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de nitratos están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 50 mg/L unidades, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable.

El nivel de nitratos y nitritos en las aguas naturales es un indicador importante de la calidad del agua. Ambos participan en el ciclo del nitrógeno del suelo y de las plantas superiores, aunque los fertilizantes añaden nitratos, que pueden aumentar sus niveles. Los nitratos no se consideran venenosos por sí mismos, pero la ingestión de grandes cantidades provoca un efecto diurético. Por otro lado, los nitritos pueden producir compuestos cancerígenos, las nitrosaminas, a través de una reacción con aminos secundarias o terciarias, además de interactuar con los glóbulos rojos, provocando metahemoglobinemia (Cabrera et al. 2033).

3.2.6 Nitritos

Tabla 13-3: Cumplimiento del parámetro nitritos en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (3 mg/L)	Número muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

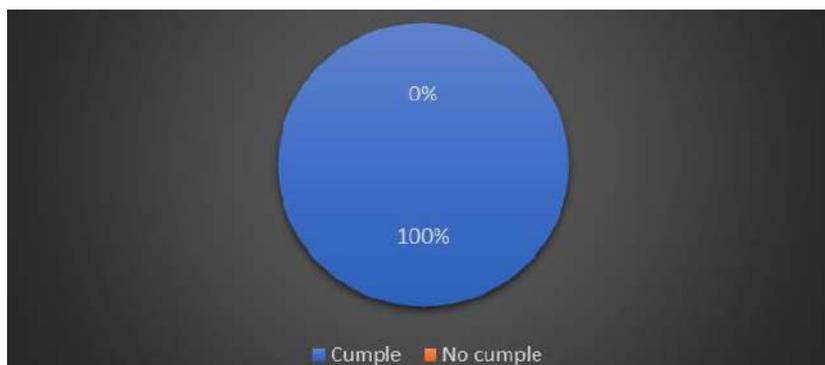


Ilustración 10-3: Cumplimiento del parámetro nitritos en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 13-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de nitritos están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 3 mg/L unidades, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable. Los nitritos también se producen por la biodegradación de nitratos, nitrógeno amónico u otras sustancias orgánicas que contienen nitrógeno y se utilizan como indicador de contaminación fecal en aguas naturales (Cabrera et al. 2033).

De acuerdo con (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya 2017), el nitrito, se relaciona con los nitratos por su capacidad de convertirse en estos de manera natural. Se realizaron determinaciones para todos los acueductos, basada en los meses de julio del 2015 y diciembre del 2016, la procedencia de las cinco muestras que dieron un resultado superior al valor máximo establecido de 0,1mg/L, con valores que para Grecia oscilaron entre 0,12 y 0,14 mg/L. Con respecto al presente estudio, los valores máximos permitidos son de 3mg/l y todas las muestras se encuentran en el rango de 0.004 a 0.012 mg/l, siendo óptimo para el consumo humano.

3.2.7 Fluoruros

Tabla 14-3: Cumplimiento del parámetro fluoruro en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (1,5 mg/L)	Número muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

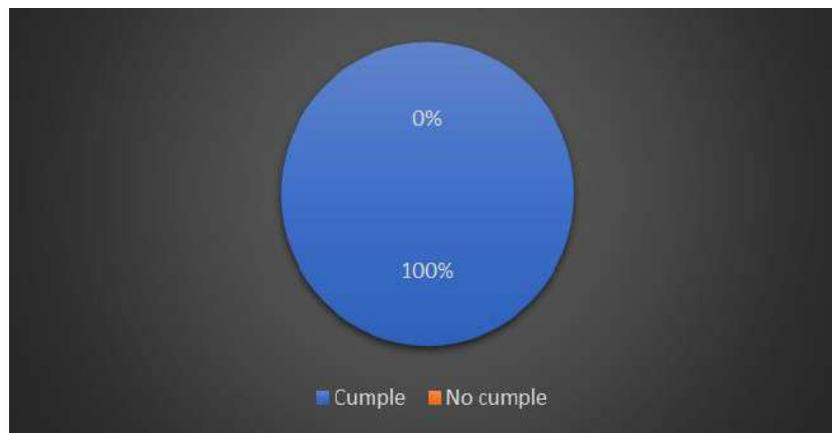


Ilustración 11-3: Cumplimiento del parámetro fluoruro en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 14-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de fluoruros están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 1.5 mg/L unidades, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable. La contaminación por fluoruro del agua destinada al consumo humano es un problema importante en todo el mundo. El límite máximo de concentración de flúor establecido por la OMS es de 1 ppm, aunque este valor depende de las características de cada lugar. Para México, el límite máximo de para el fluoruro en el agua es de 0.7 ppm; si la concentración supera este valor, no se debe consumir la sal yodo fluorada según la norma NOM-013-SSA2-2006 (SSA 2007). A medida que el agua se filtra a través del suelo, disuelve varios compuestos, incluido el fluoruro, lo que da como resultado concentraciones de fluoruro en las aguas que aumentan el cesio, el litio, el cloro, el bromo y las aguas termales y subterráneas (Galicia et al. 2011).

Según (Galicia et al. 2011), la concentración de fluoruros en las muestras de agua presentó variaciones entre 0.44 a 1.28 ppm con una media de concentración de 0.86 ± 0.19 ppm. Cuatro pozos de la zona norte tuvieron concentraciones de fluoruro >0.7 ppm; la concentración más alta fue de 0.95 ppm en el pozo Santa Catarina. Nuestros resultados por su parte presentaron una media de 1.27 mg/l, lo cual permite que las muestras sean aptas para el consumo bajo este parámetro, ya que ninguna sobrepasa los 1.5 mg/l, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable.

3.2.8 Cloro libre residual

Tabla 15-3: Cumplimiento del parámetro cloro libre residual en contraste con la norma NTE INEN 1108:2020

Límite máximo permisible por la norma NTE INEN 1108 (0,3-1,5 mg/L)	Número muestras	%
Cumple	2	50
No cumple	2	50
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

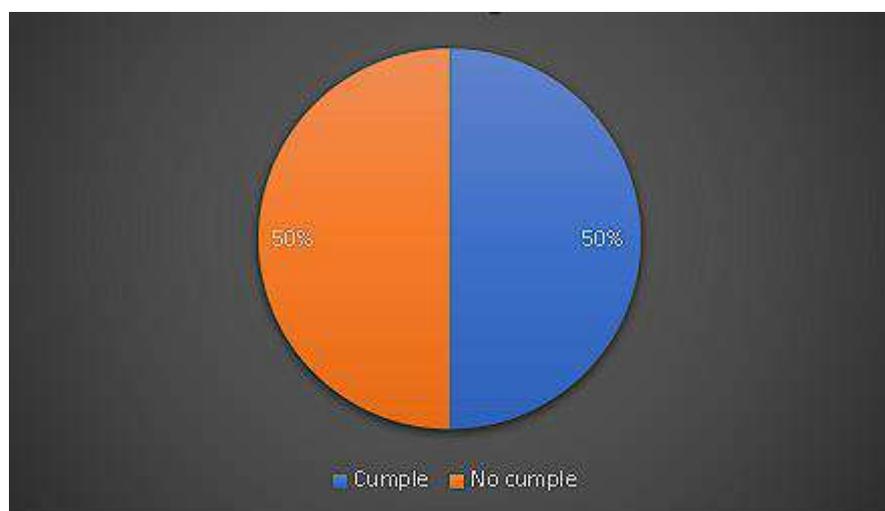


Ilustración 12-3: Cumplimiento del parámetro cloro libre residual en contraste con la norma NTE INEN 1108.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 15-3 nos indica que, en 2 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de cloro libre residual están dentro del límite máximo permitido, es decir están en el rango de 0.3-1.5 mg/L, establecido por la norma establecido por la norma NTE INEN 1108 de agua potable. La desinfección del agua en la planta de tratamiento es la última barrera contra la contaminación

microbiana del agua potable; es uno de los desinfectantes más comunes: el cloro. Por ello, la Organización Mundial de la Salud (2006, 2017) recomienda la cloración para la potabilización del agua, cuyo principal objetivo es realizar la desinfección microbiana.

En el monitoreo de la calidad del agua, la determinación del cloro residual es uno de los parámetros medidos con mayor frecuencia en el campo para evaluar la seguridad microbiana y determinar la calidad del agua en el sistema de distribución. El cloro se agrega al agua potable para reducir o eliminar los microorganismos que causan enfermedades transmitidas por el agua, por lo que debe mantenerse en todo momento y en todos los puntos del sistema de distribución de agua potable; porque asegura la destrucción de las sustancias añadidas posteriormente (Ferro Mayhua, Ferró Gonzales y Ferró Gonzales 2019).

Tabla 16-3: Parámetros químicos obtenidos del análisis de agua de la comunidad de Airón del cantón Chambo

Parámetro químico		Sulfatos	Hierro	Fosfatos	Amonios
Límite permisible Tulsma Libro VI ANEXO 1		TULSMA 250mg/L	TULSMA 0.30mg/L	OMS-1995 0.30mg/L	OMS-1995 0.05 mg/L
Lugar de muestreo	VA	2	0.39	2.7	0.02
	VB	2	0.52	3.4	0.024
	CU3V	8	0.3	0.64	0.03
	D(A)	8	0.13	1.8	0.04
Promedio		5	0.34	2.14	0.028
Media		5	0.34	2.14	0.028
Desviación Estándar		3.46	0.18	1.19	0.01

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

3.2.9 Sulfatos

Tabla 171-3: Cumplimiento del parámetro sulfatos en contraste con la norma TULSMA

Límite máximo permisible por la norma TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1 (250mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

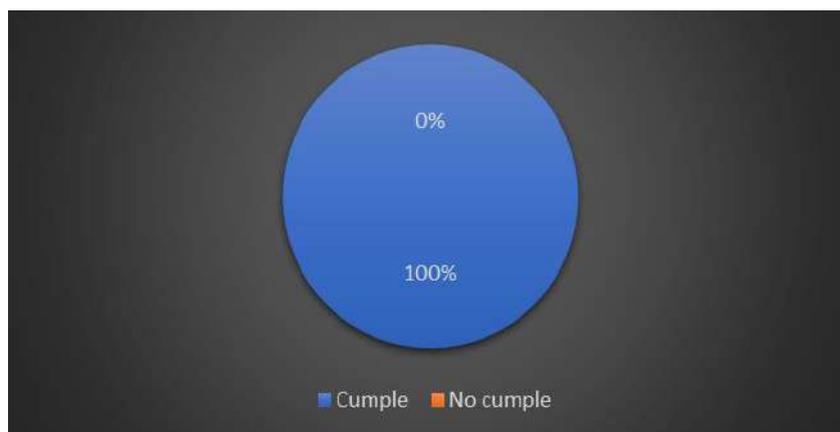


Ilustración 13-3: Cumplimiento del parámetro sulfatos en contraste con la norma TULSMA.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 17-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de sulfatos están dentro del límite máximo permitido, es decir están dentro del rango de 250 mg/L, establecido por la norma TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 para agua de consumo humano.

Los sulfatos (SO_4^{2-}) son muy abundantes en la naturaleza y su presencia en el agua varía en algunas centenas de miligramos por litro; principalmente depende de la concentración del sulfato de hierro presente en el suelo o en lechos rocosos de ríos. Se sabe que la explotación de pirita en minas conduce a un incremento del ion sulfato en agua debido principalmente a los procesos de oxidación que sufre el mineral durante su extracción en los drenajes que se hacen para la perforación (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya 2017).

Con respecto al anión sulfato, en la investigación realizada por (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya 2017), se obtuvieron valores en el rango de 0,30 - 44,88 mg/L. Se puede apreciar que el valor alerta establecido por el Ministerio de Salud de Costa Rica es de 25 mg/L. En tal sentido varias muestras sobrepasan este indicativo, como es el caso de las obtenidas en el acueducto ASADA de El Cajón, cuyos promedios fueron $43,19 \pm 0,02$ mg/L en julio del 2015, $32,67 \pm 0,02$ mg/L en diciembre del 2015 y $37,59 \pm 0,02$ mg/L en julio del 2016. En el caso de las muestras del presente estudio, presentaron concentraciones de ion sulfato muy bajas, lo cual no representa un riesgo para la comunidad.

3.2.10 Fosfatos

Tabla 18-3: Cumplimiento del parámetro fosfatos en contraste con la OMS-1995

Límite máximo permisible OMS-1995 (0,30 mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	0	0
No cumple	4	100
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

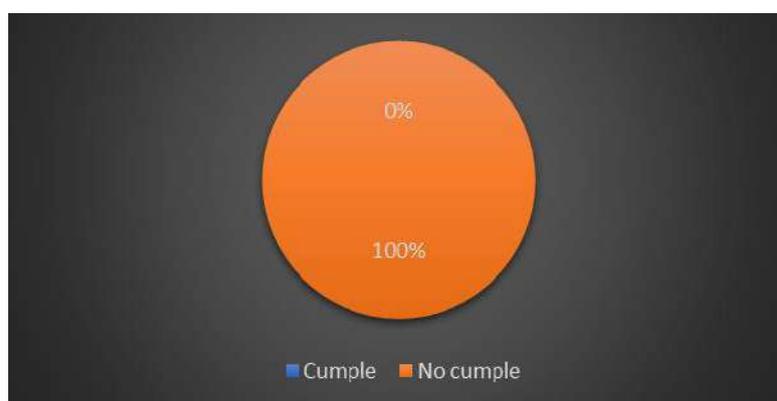


Ilustración 14-3: Cumplimiento del parámetro fosfatos en contraste con la OMS-1995

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 18-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de fosfatos no están dentro del límite máximo permitido, es decir están fuera del rango de 0.30 mg/L, establecido por la OMS-1995 para agua de consumo humano. El ion fosfato (PO_4^{4-}) se forma a partir del fósforo inorgánico que existe como mineral y contribuye directamente en el ciclo de este elemento en el ambiente. También puede existir en solución como partículas, como fragmentos sueltos o en los cuerpos de organismos acuáticos. El agua de lluvia puede contener distintas cantidades de fosfatos que se filtran de los suelos agrícolas a los cursos de agua próximos (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya 2017).

El último anión determinado en la investigación de (Bolaños-Alfaro, Cordero-Castro y Segura-Araya 2017) fue el fosfato; a pesar de determinarse como parámetro analítico de interés durante el mes de julio en los años de 2015 y 2016, su cuantificación rara vez presenta valores detectables. Los resultados de las únicas muestras donde fue detectado y cuantificado; presentan en la primera el valor alerta de 10 mg/L y la superior, el valor máximo admisible de 25 mg/L según la normativa nacional. En este caso las muestras estudiadas en esta investigación superan los límites permisibles de 0.1

mg/l, todas las muestras tienen un rango de 0.4 a 6.4 mg/l, representando un riesgo a la salud por su ingesta, esto puede deberse a la infiltración de químicos en el proceso del agricultor.

3.2.11 Hierro

Tabla 19-3: Cumplimiento del parámetro hierro en contraste con la norma TULSMA

Límite máximo permisible por la norma TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 (0,30 mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	2	50
No cumple	2	50
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

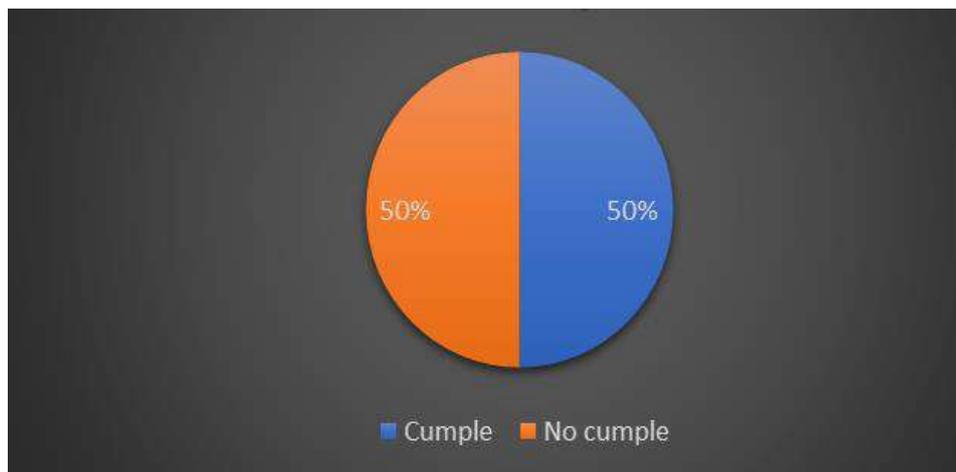


Ilustración 15-3: Cumplimiento del parámetro hierro en contraste con la norma TULSMA.

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 19-3 nos indica que, en 2 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de hierro no están dentro del límite máximo permitido, es decir están fuera del rango de 0.3 mg/L, establecido por la norma TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 para agua de consumo humano. Por otro lado, las 2 muestras restantes si cumplen con el límite máximo permisible por la norma TULSMA LIBRO VI ANEXO 1 para agua de consumo humano.

El hierro es un elemento común en la superficie terrestre. A medida que el agua se filtra a través del suelo y las rocas, puede disolver este mineral y transportarlo a las aguas subterráneas. Además, las tuberías de hierro pueden corroer y disolver el hierro en los suministros de agua

residenciales. El aspecto y/o sabor del agua puede indicar la presencia de hierro. Por ejemplo, se pueden ver partículas de color marrón rojizo cuando sale agua del grifo. Estas partículas de hierro pueden provenir de tuberías corroídas o de la misma fuente de agua (McFarland y Dozier 2011).

En el estudio realizado por (Guamán y Méndez 2017), se presentan los resultados de la cuantificación de hierro en los sitios de muestreo seleccionados para el presente estudio. Los promedios son el resultado de 30 muestras recolectadas en diferentes domicilios de cada sector en donde se demuestra un rango de 0.047 a 0.119 mg/l, lo cual conforme a nuestra normativa cumplen para el consumo humano. Con relación a esta investigación que las muestras sobrepasan el límite permisible con valores de 0.39 y 0.52 mg/l para la muestra 1 y 2 respectivamente.

3.2.12 Amonio

Tabla 20-3: Cumplimiento del parámetro amonio en contraste con la norma OMS-1995

Límite máximo permisible por la OMS-1995 (0,05 mg/L)	Número de muestras	%
Cumple	4	100
No cumple	0	0
TOTAL	4	100

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

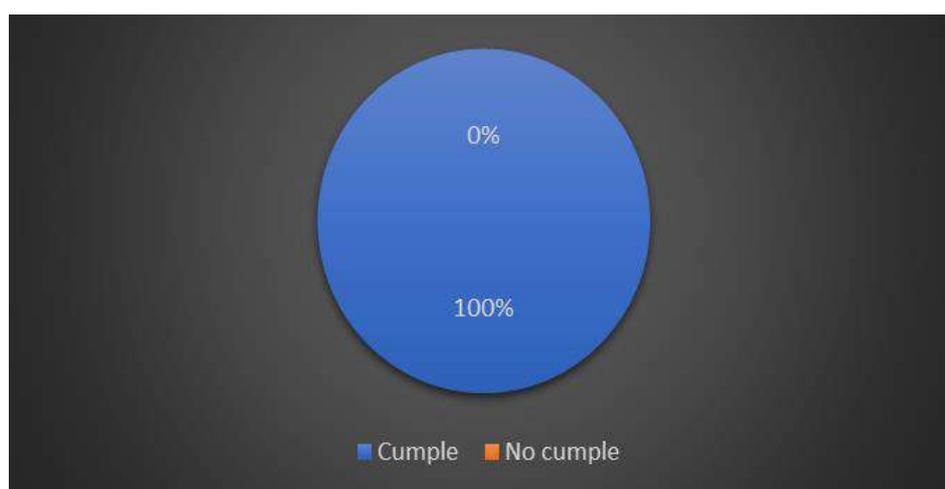


Ilustración 16-3: Cumplimiento del parámetro amonio en contraste con la OMS-1995

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

La Tabla 20-3 nos indica que, en 4 de 4 puntos de muestreo, los resultados del parámetro de amonio están dentro del límite máximo permitido, es decir están en el rango de 0.05 mg/L, establecido por la OMS-1995 para agua de consumo humano.

El NH_3 está en equilibrio con su forma ionizada (NH_4^+). Con la presencia de bacterias nitrificantes, hay una oxidación de los compuestos y es oxidado en nitritos y nitratos (disponibles para las plantas o reducidos otra vez en NH_3). En el agua dulce, los problemas de amonio pueden ser más graves que en agua salada. Una misma agua puede ser tóxica o no con la misma concentración total. La toxicidad del amonio es que debe eliminarse permanentemente. Si aumentas la concentración de NH_3 en el ambiente, no se puede extinguir porque hay más concentración en el ambiente (Caicedo y Coello 2010).

En el estudio realizado por (Caicedo y Coello 2010), los datos que se obtuvieron de las muestras analizadas fueron en promedio de 0.01 mg/l, siendo óptimas; al igual que los resultados obtenidos en el presente estudio donde las muestras van de 0.02 a 0.04 mg/l, cumpliendo con los parámetros establecidos de 0,05 mg/L por la norma TULSMA LIBRO VI ANEXO 1.

3.3 Coliformes totales y coliformes fecales por el método NMP

Tabla 21-3: Cumplimiento del parámetro coliformes totales y fecales en contraste con el TULSMA y Norma NTE INEN 1108:2020

Octubre										
Lugar de Muestreo	Coliformes Totales					Coliformes fecales				
	Tubos positivos					Tubos positivos				
	10mL	1mL	0.1mL	TULSMA (20000) Cumple SI	INEN 1108:2020 (AUSENTES) Cumple NO	10mL	1mL	0.1mL	TULSMA (2000) Cumple SI	INEN 1108:2020 (AUSENTES) Cumple NO
VA	2/5	1/5	0/5			1/5	2/5	0/5		
NMP/100mL	700 NMP			X	X	600 NMP			X	X
VB	4/5	2/5	0/5			4/5	1/5	0/5		
NMP/100mL	2200 NMP			X	X	1700 NMP			X	X
CU3V	3/5	2/5	0/5			1/5	2/5	0/5		
NMP/100mL	1400 NMP			X	X	600 NMP			X	X
D(A)	2/5	1/5	0/5			1/5	1/5	1/5		
NMP/100mL	700 NMP			X	X	400 NMP			X	X
Promedio	1250					825				
Media	1250					825				
Desviación estándar	1039.23					517.94				

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

3.4 Coliformes totales y coliformes fecales por el método de filtración de membrana

Tabla 22-3: Cumplimiento del parámetro coliformes totales y fecales en contraste con el NORMA OFICIAL MEXICANA y NORMA NTE INEN 1108:2020

Coliformes totales					Coliformes fecales				
			Limite Permisible NOM (Ausentes UFC/100mL)					Limite Permisible INEN 1108:2020 (Ausentes UFC/100mL)	
			Cumple					Cumple	
Lugar de muestreo	Noviembre	Diciembre	Si	No	Noviembre	Diciembre	Si	No	
VA	1	5		X	1	1		X	
VB	42	34		X	10	2		X	
CU3V	87	94		X	22	3		X	
D(A)	26	1		X	32	4		X	
TOTAL	156	134			65	10			
Promedio	62.4	53.6			26	4			
Media	62.4	53.6			26	4			
Desviación estándar	50.42	66.23			20.02	2.83			

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

Los resultados obtenidos de coliformes totales y fecales por el método NMP, arrojo que en todos los puntos de muestreo se encuentran fuera de norma, por lo que se debe aplicar un tratamiento previo al consumo humano, ya que puede generar enfermedades si no se elimina la presencia de estos microorganismos. Hay que tener en cuenta que los resultados obtenidos en la tabla 21-3, nos muestra una comparación entre la normativa permisible por el TULSMA que tiene por valor 20000 para coliformes totales y 2000 para coliformes fecales, inicialmente si solo se toma como referencia los valores permisibles del TULSMA estos no necesitarían de ningún tratamiento, sin embargo la norma INEN 1108:2020 especifica que en ninguna de las pruebas debe presentarse presencia de coliformes totales o fecales, así mismo en la última actualización de los valores del anexo VI de la calidad del agua (actualización 2022) debajo de cada tabla se especifica que si difieren los resultados de las pruebas entre INEN y TULSMA, se tome como referencia final los de la norma INEN 1108:2020, es por eso que se reitera lo mencionado al inicio de este párrafo, es necesario un tratamiento microbiológico previo antes para que se considere estos cuerpos de agua como aptos para el consumo humano.

Los resultados obtenidos del análisis por filtración por membrana de la tabla 22-3 muestran que en todos los puntos de monitoreo no cumple con el límite máximo permisible por la Norma Oficial Mexicana, por lo que es recomendable realizar un tratamiento en todos los puntos monitoreados, ya que la presencia de coliformes totales puede generar afecciones en la salud.

Los datos obtenidos de las diferentes pruebas para el análisis de coliformes totales muestra que existe presencia de estos, además dichos valores superan los valores permisibles. Además de los parámetros estadísticos calculados se obtuvo una homogeneidad para los análisis de NMP, UFC en octubre y noviembre respectivamente mientras que para UFC en el mes de diciembre existe una heterogeneidad (variabilidad en los datos) en los datos lo que muestra que puede existir una mayor variación de microorganismos. (Véase en el ANEXO H)

Los análisis por filtración de membrana muestran que en todos los puntos de muestreo no se cumple con el límite permisible de la norma NTE INEN 1180:2020. Además es importante reconocer que al usar 2 métodos (NMP y Membrana), se pudo validar los datos obtenidos sin embargo cada método posee sus limitaciones como es para el caso de Filtrado por membra que si se tiene agua con mucha turbidez esta puede limitar el volumen de las muestras, así también puede generar la formación excesiva de colonias incontables y también en caso de encontrarse cercana a fenoles estos pueden inhibir el crecimiento de las colonias bacterianas, la confirmación que tiene el filtrado membrana es la fermentación láctica que genera efervescencia; mientras que para el método de NMP, este se limita para cultivar microorganismos que resultan de difícil crecimiento en medios solidos o en su defecto se encuentren con una carga muy alta y requieran de diluciones

para poder dar un diagnóstico positivo de ausencia o presencia, por lo que puede tender a contaminarse en el proceso de dilución o cultivo si no se mantiene el espacio estéril. En contraste las ventajas del método de filtración de membrana para determinar la calidad microbiológica del agua resultan tener una buena reproducibilidad porque las membranas se encuentran estériles, los filtros que se usan se pueden cambiar dependiendo de los medios, así también permite realizar una filtración in situ y su coste es mucho más bajo con respecto al método NMP, además se consiguen resultados mucho más acelerados con respecto a NMP.

El método del NMP se destaca por su alta sensibilidad, permitiendo detectar organismos en concentraciones bajas. Sin embargo, es crucial reconocer que el valor obtenido mediante el NMP es una estimación basada en métodos estadísticos probables, lo que significa que representa una concentración más probable que una cifra exacta. Por otro lado, la Filtración de Membrana ofrece datos más precisos al proporcionar una cantidad específica de microorganismos presentes en 100 ml de agua. Aunque este método puede considerarse menos sensible en comparación con el NMP, brinda resultados casi exactos y cuantificables. La precisión directa de la Filtración de Membrana es valiosa, especialmente cuando se busca obtener cifras concretas de la carga microbiológica en una muestra de agua.

Los datos obtenidos de las diferentes pruebas para el análisis de coliformes totales muestra que existe presencia de estos, además dichos valores superan los valores permisibles. Además de los parámetros estadísticos calculados se obtuvo una homogeneidad para los análisis de NMP, UFC en octubre y diciembre respectivamente mientras que para UFC en el mes de noviembre existe una heterogeneidad en los datos lo que muestra que puede existir una mayor variación de microorganismos. Esto se debe a la presencia de ganadería y una planta de productora de quesos que descargan el suero de la leche a un canal abierto, del cual se generan escorrentías en mayor volumen cuando existen lluvias. (Véase en el ANEXO H)

Los resultados obtenidos a través de las distintas pruebas muestran que existe una perduración de microorganismos como coliformes totales y fecales, además de la presencia de hongos en todos los puntos de monitoreo. De acuerdo con (José Tacuri 2012) la presencia de microorganismos en cuerpos de agua es común pues en las comunidades existen descargas o escorrentías que arrastran microbiotas presentes en pastizales lo que provoca un incremento de coliformes y hongos patógenos. Además, es importante mencionar que los resultados paramétricos estadísticos reflejan en su mayoría una homogeneidad en los datos. Sin embargo, es importante mencionar que en el caso de parásitos no hubo presencia, por lo que el tratamiento previo al consumo humano debe incluir la inhibición de estos microorganismos.

Tabla 23-3: Cumplimiento del parámetro de ausencia parásitos en contraste con la Norma NTE INEN 1108:2020

Lugar de Muestreo	Muestra (Parásitos)			Norma NTE INEN 1108:2020 (Ausentes)	
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Cumple SI	Cumple NO
VA	0	0	0	X	
VB	0	0	0	X	
CU3V	0	0	0	X	
D(A)	0	0	0	X	

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2022.

El análisis microbiológico para parásitos arrojo ausencia *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium parvum* con tinción Zeihl-Neelsen, por lo que cumple con lo establecido en la norma NTE INEN 1108:2020. Los parásitos se deben tener en cuenta debido a que pueden repercutir de manera peligrosa en la salud humana, sin embargo estos mayoritariamente se presentan en cuerpos de agua estancada o que se encuentren espacios ganaderos cerca del cuerpo de agua, lo cual no ocurre en el presente estudio por lo cual se ha tenido ausencia de parásitos en todos los puntos monitoreados.

3.5 Caracterización microbiológica

La identificación de los microorganismos en las muestras que se recolectaron y analizaron en el periodo de octubre – diciembre, permitieron el aislamiento de 4 bacterias, mismas que fueron purificadas realizando siembras en los diferentes medios de cultivo para obtener una cepa pura. Así mismo para confirmar los resultados se aplicó una prueba de tinción Gram y se observó en un microscopio para describir su morfología. A partir de dichas pruebas se identificaron especies bacterianas como: *Escherichia coli*, *Escherichia coli inactiva*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella paratyphi A*.

3.5.1 Aislamiento de cepas bacterianas puras

3.5.1.1 *Escherichia coli* en agar EMB (eosina azul de metileno)

Tabla 24-3: Características de *Escherichia coli* en agar EMB

Características	Microorganismo
<p>En el agar EMB, las colonias de <i>E. coli</i> activa suelen desarrollarse como colonias de color metálico verde oscuro con un brillo metálico característico. Este medio es selectivo para las bacterias gramnegativas, y la eosina y el azul de metileno inhiben el crecimiento de las bacterias grampositivas. Además, el agar EMB contiene lactosa como fuente de carbono.</p> <p><i>E. coli</i> es capaz de fermentar la lactosa, lo que lleva a la producción de ácido. Las colonias de <i>E. coli</i> en el agar EMB desarrollan un centro oscuro rodeado de un área verde metálico, indicando la fermentación de la lactosa y la producción de ácido (Becton Dickinson BD 2013).</p> <p>La observación de colonias con características específicas en el agar EMB ayuda a los microbiólogos a identificar la presencia de <i>E. coli</i> y evaluar la calidad microbiológica del agua analizada.</p>	 <p><i>Escherichia coli</i> en agar EMB.</p>

Realizado por: Sagnay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.2 *Escherichia coli* en agar Sangre

Tabla 25-3: Características de *Escherichia coli* en agar Sangre

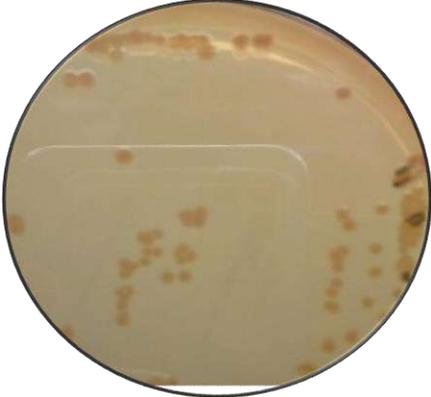
Características	Microorganismo
<p><i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>), una bacteria gramnegativa comúnmente utilizada como indicador de contaminación fecal, su comportamiento en el agar sangre es notable.</p> <p>Cuando se cultiva en agar sangre, <i>E. coli</i> muestra ciertos rasgos característicos. Dado que <i>E. coli</i> no es hemolítica, lo que significa que no destruye los glóbulos rojos, no se observa una zona de hemólisis alrededor de las colonias en este medio. Las colonias de <i>E. coli</i> suelen aparecer lisas y de color blanco o incoloras en el agar sangre.</p> <p>La ausencia de hemólisis y la apariencia típica de las colonias en el agar sangre son características importantes que ayudan en la identificación de <i>E. coli</i> y en la evaluación de su comportamiento en diferentes entornos. Este medio de cultivo proporciona información valiosa sobre las características fenotípicas de las bacterias, lo que facilita su estudio y seguimiento en investigaciones microbiológicas y análisis de calidad del agua (González 2013).</p>	 <p><i>Escherichia coli</i> en agar Sangre.</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.3 *Escherichia coli* en agar nutritivo

Tabla 26-3: Características de *Escherichia coli* en Agar nutritivo

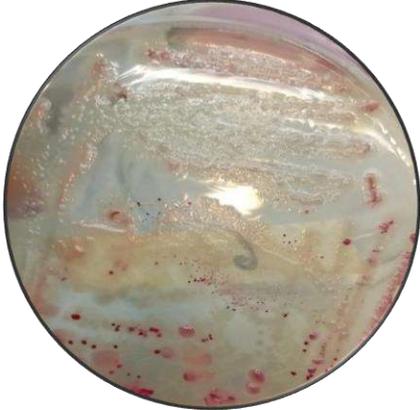
Características	Microorganismo
<p>En el agar nutritivo, un medio de cultivo versátil y nutritivo, <i>Escherichia coli</i> muestra un comportamiento distintivo y característico. Este medio proporciona los nutrientes esenciales necesarios para el crecimiento de diversas bacterias, y <i>E. coli</i>, siendo una bacteria gramnegativa, manifiesta ciertos rasgos particulares al crecer en este entorno.</p> <p>Cuando se cultiva en agar nutritivo, <i>E. coli</i> forma colonias que son típicamente de color blanco o incoloras. Estas colonias son circulares y suelen tener una apariencia convexa. Además, debido a la composición rica en nutrientes del agar, las colonias de <i>E. coli</i> pueden crecer de manera rápida y robusta.</p> <p>Es importante destacar que el agar nutritivo no proporciona información específica sobre la hemólisis, ya que no contiene glóbulos rojos, a diferencia de otros medios que se utilizan para evaluar este aspecto. Sin embargo, el agar nutritivo es valioso para el cultivo general de bacterias, incluida <i>E. coli</i>, y se utiliza comúnmente en laboratorios microbiológicos (García et al. 2016).</p>	 <p><i>Escherichia coli</i> en agar Nutritivo.</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.4 *Escherichia coli* en agar MacConkey

Tabla 27-3: Características de *Escherichia coli* en agar MacConkey

Características	Microorganismo
<p><i>E. coli</i> activa, al ser cultivada en agar MacConkey, forma colonias con un color característico que va desde el rosado hasta el rojo intenso. Este cambio de color se debe a la fermentación de la lactosa, generando ácido y afectando el indicador de pH presente en el agar, que es el rojo neutro. Además libera tres endotoxinas principales que son Antígeno O, núcleo de oligosacáridos y lípido A.</p> <p>Por otro lado, <i>E. coli</i> inactiva en agar MacConkey puede presentar colonias atípicas, apareciendo incoloras o muy pálidas debido a la falta de fermentación de la lactosa. A diferencia de las colonias típicas, estas colonias muestran una menor producción de ácido y gas, lo que impacta en su color y apariencia. La incapacidad para fermentar la lactosa indica la inactividad de <i>E. coli</i> para utilizar este sustrato específico (Becton 2013).</p> <p>El agar MacConkey resulta instrumental en la diferenciación de enterobacterias, como <i>E. coli</i>, basándose en su habilidad para fermentar lactosa. Al ser un medio selectivo, inhibe el crecimiento de bacterias grampositivas y favorece el crecimiento de las gramnegativas.</p>	<div style="text-align: center;">  <p><i>Escherichia coli</i> en agar MacConkey</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p><i>Escherichia coli</i> inactiva en agar MacConkey.</p> </div>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.5 *Staphylococcus aureus* en agar sangre

Tabla 28-3: Características de *Staphylococcus aureus* en agar sangre

Características	Microorganismo
<p>Al exhibir beta-hemólisis en agar sangre, revela su capacidad para degradar y utilizar la sangre en el medio de cultivo. Este comportamiento es fundamental para la identificación y diferenciación de la bacteria y puede tener implicaciones en su virulencia y patogenicidad, ya que la capacidad de destruir células sanguíneas es un factor importante en las infecciones (Dickinson 2003).</p> <p>Se observa como un área verde o parcialmente transparente alrededor de las colonias. Indica una hemólisis parcial de los glóbulos rojos.</p>	 <p><i>Staphylococcus aureus</i> en agar Sangre.</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.6 *Staphylococcus aureus* en agar nutritivo

Tabla 29-3: Características de *Staphylococcus aureus* en agar nutritivo

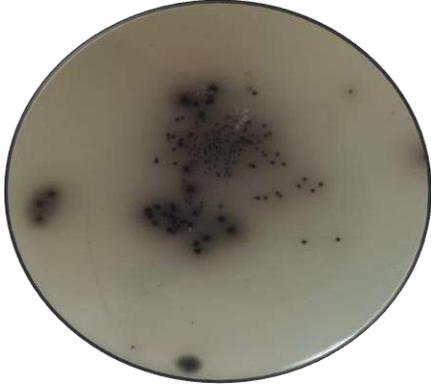
Características	Microorganismo
<p>Colonias grandes ligeramente amarillas, brillantes y lisas. Las características presentadas por <i>Staphylococcus aureus</i>, en el agar nutritivo son las más comunes que se presentan, ya que estos microorganismos poseen una digestión enzimática de la soja y de la caseína lo que les facilita un crecimiento, como lo menciona (Dibico S.A 2022) en su instructivo de agar nutritivo.</p>	 <p><i>Staphylococcus aureus</i> en agar Nutritivo.</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.7 *Staphylococcus aureus* en agar Baird Parker

Tabla 30-3: Características de *Staphylococcus aureus* en agar Baird Parker

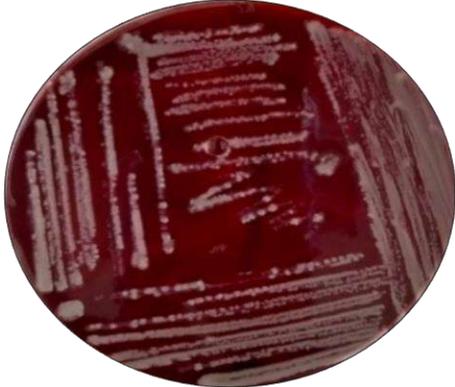
Características	Microorganismo
<p>Colonias redondas, de bordes lisos, convexas, de 2-3 mm de diámetro, húmedas, brillantes, negras debido a la reducción del telurito; los <i>estafilococos</i> que producen lecitinas descomponen la yema de huevo. Los <i>Staphylococcus aureus</i> que se han desarrollado en el agar Baird-Parker, se comprueba con la prueba de coagulasa es un medio moderadamente selectivo (VALTEK 2014).</p>	 <p><i>Staphylococcus aureus</i> en agar Baird Parker</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.8 *Salmonella paratyphi a* en agar Sangre

Tabla 31-3: Características de *Salmonella paratyphi a* en agar Sangre

Características:	Microorganismo
<p>Colonias grandes de 2 a 4mm de diámetro, grisáceas y lisas, transparente pequeñas y redondas. El agar Sangre permite un crecimiento sencillo de <i>Salmonella paratyphi A</i>, pues como se evidencia en la figura 31-3 donde se observa una proliferación abundante de estos microorganismos, sin embargo se recomienda realizar pruebas bioquímicas para confirmar la presencia de estos microorganismos (Llory 2003).</p>	 <p><i>Salmonella paratyphi A</i> en agar Sangre</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.9 *Salmonella paratyphi a* en agar MacConkey

Tabla 32-3: Características de *Salmonella paratyphi A* en agar MacConkey

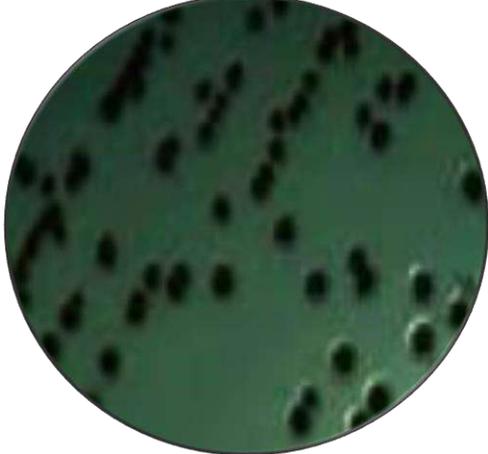
Características	Microorganismo
<p>Colonias grandes ligeramente amarillas, brillantes y lisas. El agar MacConkey permite un crecimiento selectivo en el caso de <i>Salmonella paratyphi A</i>, esta se desarrolla tomando una coloración amarillenta hasta un tono café, en caso de no ser brillantes se debe a que no pertenecen a esta especie de microorganismos (Becton Dickinson 2014).</p>	 <p><i>Salmonella paratyphi A</i> en agar MacConkey.</p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.5.1.10 *Salmonella paratyphi a* en agar Hektoen

Tabla 332-3: Características de *Salmonella paratyphi A* en agar Hektoen

Características:	Microorganismo
<p>Se observan colonias verdes claras, y con precipitado negro por la producción de sulfuro de hidrógeno. El medio de cultivo Hektoen es un medio moderadamente selectivo y de diferenciación para el aislamiento y el cultivo de microorganismos Gram negativos entéricos, y especialmente para el aislamiento de especies de <i>Shigella</i> y <i>Salmonella</i> a partir de muestras fecales (Becton 2013). En el presente estudio este medio de cultivo permitió un crecimiento de <i>Salmonella paratyphi A</i>.</p>	 <p><i>Salmonella paratyphi A</i> en agar Hektoen</p>

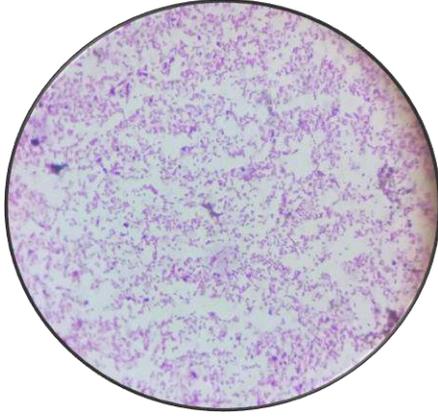
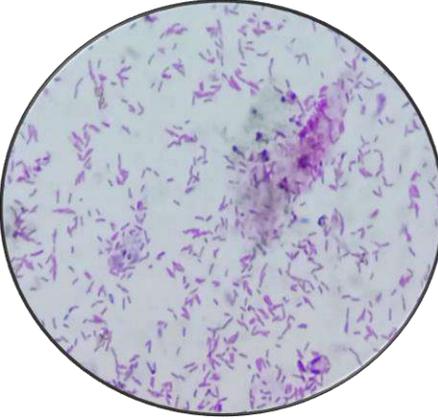
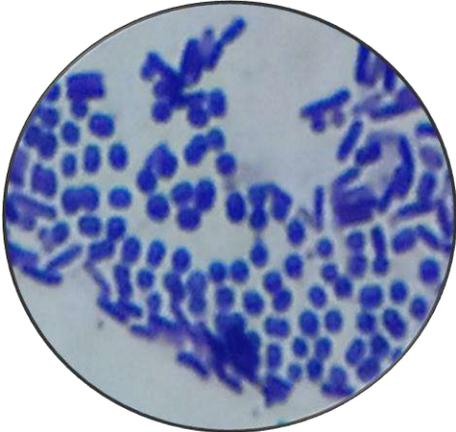
Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

3.6 Tinción Gram

En 1884, el bacteriólogo danés Christian Gram desarrolló una técnica de tinción que permite dividir las bacterias en dos grandes grupos: Gram positivas y Gram negativas, según retengan o no el colorante primario (cristal violeta). Los organismos que retienen el cristal violeta después de la adición de lugol, alcohol, aparecen de color azul oscuro o púrpura y se etiquetan como Gram positivos; los que pierden cristal violeta y se tiñen con un colorante secundario, safranina, aparecen rojos y son etiquetados como Gram negativos (Artega, Farfan y Pinto 2015).

Un examen minucioso de un extendido bacteriano teñido diferencialmente provee una información muy importante sobre la caracterización morfológica e identificación de la muestra. Por ejemplo, una reacción positiva o negativa a la Tinción de Gram es sumamente importante como medio primario de clasificación (Artega, Farfan y Pinto 2015). En nuestro caso se identificaron las cepas de *Escherichia coli*, *Escherichia coli inactiva*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella paratyphi A*.

<i>Escherichia coli</i>	<i>Escherichia coli inactiva</i>
	
<p>Ilustración 17-3: Tinción Gram negativo (coloraciones rosadas <i>Escherichia coli</i>, <i>Salmonella paratyphi tipo A</i>) y Tinción Gram positivo (coloración azul <i>Staphylococcus aureus</i>)</p>	
	
<p>Ilustración 18-3: Tinción de <i>Staphylococcus aureus</i></p>	<p>Ilustración 19-3: <i>Salmonella paratyphi tipo A</i></p>

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Fuente: Laboratorios de microbiología, ESPOCH.

Para realizar una coloración, ya sea simple o diferencial, es necesario como primer paso, preparar el extendido de la muestra sobre la lámina portaobjeto y fijarlo para posteriormente añadir el o los colorantes y observar la muestra teñida bajo el microscopio de luz. Este método de la tinción de Gram sirve para diagnosticar una infección causada por bacterias. También puede identificar el tipo de bacteria causante de la infección (Artega, Farfan y Pinto 2015). En la presente investigación se usó para determinar las bacterias presentes en muestras obtenidas de la comunidad Airón.

La determinación de si una bacteria es infecciosa se basa en su reacción a la tinción de Gram, un método de tinción utilizado en microbiología. Esta técnica implica la aplicación de colorantes que

permiten diferenciar las bacterias en dos categorías principales: Gram positivas y Gram negativas. Las bacterias Gram positivas, como el *Staphylococcus aureus*, adquieren una coloración púrpura, destacándose por su forma de estafilococos, que se asemeja a una disposición en hileras de racimos de uvas y presenta un tono azul. Por otro lado, las bacterias Gram negativas, como *Escherichia coli* y *Salmonella paratyphi A*, exhiben una coloración rojiza. *Escherichia coli*, con forma de bacilo, se tiñe de un distintivo color rosado, mientras que *Salmonella paratyphi A*, también con forma de bacilo, mantiene una tonalidad rosada. La tinción de Gram no solo proporciona información sobre la morfología de las bacterias, sino que también es fundamental para clasificarlas y determinar su posible patogenicidad.

3.7 Pruebas bioquímicas

3.7.1 *Escherichia coli*

Tabla 34-3: Pruebas bioquímicas en *Escherichia coli*

PRUEBAS BIOQUÍMICAS	RESULTADOS
CATALASA	Positivo
TSI	Fermenta glucosa: positivo (fondo Amarillo) Fermenta lactosa: positivo (arriba Amarillo) Producción de gas H ₂ S: positivo
SIM	Movilidad: positivo Producción de indol: positivo Reactivo Kovac: positivo (anillo rojo)
LIA	Positivo(amarillo)
CITRATO	Negativo(verde)
MANITOL	Positivo(amarillo)
UREA	Negativo (transparente blanco)
OXIDASA	Negativo

Realizado por: Sagnay, Sandra, 2023.

Los resultados positivos de las pruebas bioquímicas en *Escherichia coli* revelan características metabólicas distintivas. La presencia de la enzima catalasa indica la capacidad de la bacteria para descomponer peróxido de hidrógeno. En la prueba de TSI, *E. coli* muestra fermentación positiva de glucosa con un fondo amarillo, fermentación positiva de lactosa con la parte superior en amarillo y producción de gas H₂S positiva. La prueba SIM demuestra positividad en movilidad y

producción de indol, indicando la habilidad de *E. coli* para moverse y generar indol a partir de triptófano, respectivamente. El reactivo Kovac muestra un anillo rojo positivo, confirmando la producción de indol. La prueba LIA muestra un resultado positivo con coloración amarilla. La fermentación positiva de MANITOL se evidencia por el cambio a amarillo, mientras que la urea permanece negativa con un color transparente blanco (ULPGC 2013).

La prueba de oxidasa resultó negativa, indicando la ausencia de la enzima oxidasa; la prueba de urea también fue negativa, lo que sugiere que la bacteria no posee la capacidad de descomponer la urea; finalmente, la prueba de citrato arrojó un resultado negativo, indicando que la bacteria no utiliza citrato como fuente única de carbono.

3.7.2 *Escherichia coli* inactivo

Tabla 35-3: Pruebas bioquímicas en *Escherichia. coli* inactiva

PRUEBAS BIOQUÍMICAS	RESULTADOS
CATALASA	Positivo
TSI	Fermenta glucosa: positivo (fondo Amarillo) Fermenta lactosa: negativo (arriba rojo) Produccion de gas H ₂ S: negativo
SIM	Movilidad: negativo Producción de indol: positivo Reactivo Kovac: positivo (anillo rojo)
LIA	Negativo (morado)
CITRATO	Negativo(verde)
MANITOL	Positivo(amarillo)
UREA	Negativo (transparente blanco)
OXIDASA	Negativo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Los resultados positivos en las pruebas bioquímicas para la bacteria en cuestión revelan características distintivas de su metabolismo. La presencia de la enzima catalasa indica la capacidad de la bacteria para descomponer peróxido de hidrógeno. En la prueba TSI, se observa fermentación positiva de glucosa con un fondo amarillo, mientras que la fermentación de lactosa resulta negativa con la parte superior en rojo. La producción de gas H₂S es negativa en esta prueba. En SIM, se muestra una movilidad negativa, pero la producción de indol es positiva,

indicando la habilidad de la bacteria para generar indol a partir de triptófano. La prueba de Kovac también da positivo, evidenciando la producción de indol con un anillo rojo (ULPGC 2013).

la prueba de manitol resultó negativa, indicando que la bacteria no fermenta el manitol; la prueba LIA arrojó un resultado negativo, indicando la ausencia de lisina y produciendo un color morado en el medio; la prueba de urea también fue negativa, lo que sugiere que la bacteria no posee la capacidad de descomponer la urea; finalmente, la prueba de oxidasa arrojó un resultado negativo, indicando la ausencia de la enzima oxidasa.

3.7.3 *Staphylococcus aureus*

Tabla 36-3: Pruebas bioquímicas en *Staphylococcus aureus*

PRUEBAS BIOQUÍMICAS	RESULTADOS
CATALASA	Positivo
COAGULASA	Positivo
TSI	Fermenta glucosa: positivo (fondo Amarillo) Fermenta lactosa: negativo (arriba rojo) Produccion de gas H ₂ S: negativo
SIM	Movilidad: negativo Producción de indol: negativo Reactivo Kovac: negativo
LIA	Negativo(morado)
CITRATO	Positivo(azul)
MANITOL	Positivo(amarillo)
UREA	Positivo(rosado)
OXIDASA	Negativo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Los resultados positivos de las pruebas bioquímicas en *Staphylococcus aureus* indican características metabólicas distintivas. La presencia de la enzima catalasa señala la capacidad de la bacteria para descomponer peróxido de hidrógeno. La prueba de coagulasa confirma la habilidad de *Staphylococcus aureus* para coagular el plasma sanguíneo, una característica distintiva. En la prueba de TSI, se observa fermentación positiva de glucosa con un fondo amarillo, fermentación negativa de lactosa con la parte superior en rojo, y ausencia de producción

de gas H₂S. Además, las pruebas de citrato, manitol y urea dan positivas, indicando la capacidad de utilizar citrato como fuente de carbono, fermentar manitol con producción de ácido, y descomponer urea en productos finales alcalinos, respectivamente. Finalmente tenemos oxidasa negativa. Estos resultados ofrecen una visión integral de las capacidades metabólicas de *Staphylococcus aureus* (ULPGC 2013).

3.7.4 *Salmonella paratyphi A*

Tabla 37-3: Pruebas bioquímicas en *Salmonella paratyphi A*

PRUEBAS BIOQUÍMICAS	RESULTADOS
CATALASA	Positivo
TSI	Fermenta glucosa: positivo (fondo amarillo) Fermenta lactosa: negativo (arriba rojo) Producción de gas: negativo
SIM	Movilidad: positivo Producción de indol: negativo Reactivo Kovac: positivo
LIA	Negativo(morado)
CITRATO	Negativo(verde)
MANITOL	Positivo(amarillo)
UREA	Negativo (transparente blanco)
OXIDASA	Negativo

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

La presencia de la enzima catalasa indica la capacidad de la bacteria para descomponer peróxido de hidrógeno. En la prueba TSI, se observa fermentación positiva de glucosa con un cambio en el color del agar a amarillo, mientras que la fermentación de lactosa resulta negativa al igual que la producción de gas. En SIM, se muestra una movilidad positiva y también para reactivo Kovac; resulta negativo la producción de indol. La prueba LIA presenta un resultado negativo con coloración morada. La bacteria no utiliza citrato como única fuente de carbono, pero fermenta positivamente el manitol, evidenciado por el cambio a color amarillo.

La catalasa es una enzima que cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. La prueba de catalasa busca la enzima catalasa, que se encuentra en la mayoría de las bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas que contienen citocromo oxidasa.

La prueba TSI se recomienda para la identificación de patógenos entéricos Gram negativos. Se emplea para detectar la fermentación de lactosa, sacarosa y glucosa, con formación de ácido y gas, y también para detectar producción de ácido sulfhídrico. Además, en la prueba SIM el indol es uno de los productos de degradación del aminoácido triptófano. La presencia de la enzima triptofanasa en la bacteria provoca la hidrólisis del aminoácido y su desaminación, produciendo indol, ácido pirúvico y amoníaco (Bou et al. 2011).

La prueba de citrato sirve para determinar si un organismo es capaz de utilizar citrato como única fuente de carbono y compuestos amoniacaes como única fuente de nitrógeno en su metabolismo, provocando una alcalinización del medio. Entre las enterobacterias estas características se dan en los siguientes géneros: *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Citrobacter* y algunas especies de *Salmonella*. Sin embargo, *Escherichia*, *Salmonella paratyphi* son incapaces de crecer con esos nutrientes (Bou et al. 2011).

Asimismo, la prueba de manitol sirve para detectar si los gérmenes son capaces de fermentar el manitol liberando productos ácidos que serán detectados gracias al indicador rojo de fenol que cambiará a color amarillo. Para esta prueba el medio manitol movilidad incluye 7,5 g/l de D-Manita. Finalmente, la prueba de urea determina la capacidad de un organismo de desdoblar la urea formando una molécula de dióxido de carbono y dos moléculas de amoniaco por acción de la enzima ureasa. Esta actividad enzimática es característica de todas las especies de *Proteus* y se usa sobre todo para diferenciar este género de otras enterobacterias que dan negativo o positivo retardado (Bou et al. 2011).

El resultado "LIA Negativo (morado)" en una prueba bioquímica hace referencia a la prueba LIA (Agar Lysine Iron), la cual es utilizada para evaluar la capacidad de una bacteria para desdoblar la lisina y producir productos finales específicos. En este caso, el color morado indica un resultado negativo, lo que sugiere que la bacteria no ha sido capaz de desdoblar la lisina en productos finales significativos durante la realización de la prueba (Bou et al. 2011).

En el contexto de la prueba LIA, un resultado negativo morado indica que la lisina no ha sido decarboxilada, y no se ha producido ácido lisino. Además, tampoco se ha formado sulfuro de hierro, ya que no hay un cambio en el color del medio. Es importante tener en cuenta que los resultados de las pruebas bioquímicas proporcionan información valiosa sobre las características metabólicas de las bacterias y son utilizados en la identificación bacteriana. En este caso, el

resultado negativo en la prueba LIA sugiere una falta de actividad específica en relación con la lisina y el sulfuro de hierro por parte de la bacteria bajo análisis (ULPGC 2013).

La prueba de oxidasa es una evaluación para determinar la presencia de la enzima oxidasa en bacterias, indicando la capacidad de utilizar oxígeno. Mientras tanto, la prueba de coagulasa verifica la capacidad de ciertas bacterias, especialmente *Staphylococcus aureus*, para coagular el plasma sanguíneo, siendo crucial en su identificación y diagnóstico (Bou et al. 2011).

3.8 Aerobios mesófilos

Tabla 38-3: Cumplimiento del parámetro aerobios mesófilos en contraste con el código sanitario mexicano

Aerobios mesófilos				
Lugar de muestreo	Muestra (UFC/1mL)		Código sanitario mexicano 200 UFC/ mL	
	Noviembre	Diciembre	Cumple	Cumple
			SI	NO
VA	0	1	X	
VB	91	74	X	
CU3V	94	76	X	
D(A)	42	32	X	
Total	227	182		

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Tabla 39-3: Medidas estadísticas de los parámetros para aerobios mesófilos en contraste con el código sanitario mexicano

Medidas estadísticas de los parámetros aerobios mesófilos		
Promedio	90,8	73
Mediana	91	74
Desviación estándar	85,4	68,5
Varianza	7296,7	4689
Coefficiente de variación	0,79	0,79

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Se realizó un análisis estadístico con los datos obtenidos de los monitoreos en los diferentes lugares de muestreo vertiente alta vertiente baja, captación (unión de 3 vertientes) y domicilio. Como resultado se tuvo un promedio de 91 y 74 para los meses de noviembre y diciembre respectivamente, además se calculó un coeficiente de variación para determinar la homogeneidad o heterogeneidad de los datos de los cuales para ambos meses se obtuvo un CV de 0,79 que comprueba la homogeneidad de los datos, siendo un indicador que los datos del monitoreo son confiables.

En contraste con lo que menciona (Jiménez 2013) que en su resultado de análisis microbiológico sobre aerobios mesófilos los valores son cercanos a la norma sin embargo no la superan teniendo en cuenta que la temperatura influye en la proliferación de estos Microorganismos, además de tener una homogeneidad similar a la obtenida en el presente estudio. Es importante mencionar que varía mucho la coloración de los microorganismos dentro del Petri film sin embargo mantienen su tonalidad característica o usual a menos que el Petri film usado sea de tipo selectivo.

3.9 Hongos

Tabla 40-3: Cumplimiento del parámetro hongos en contraste con el código sanitario de República de Venezuela

Hongos						
Lugar De Muestreo	República de Venezuela (500 UFC/mL)					
	Noviembre			Diciembre		
	Levaduras	Mohos	CUMPLE SI	Levaduras	Mohos	CUMPLE SI
VA	2	4	X	1	0	X
VB	18	3	X	10	5	X
CU3V	3	2	X	9	4	X
D(A)	11	3	X	4	5	X
Total	34	12		24	14	

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Tabla 41-3: Medidas estadísticas de los parámetros para hongos en contraste con el código sanitario

Medidas estadísticas de los parámetros para hongos		
Media	10,0	11,0
Desviación estándar	7,5	6,2
Varianza	56,3	38,3
Coefficiente de variación	0,65	0,65

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

Según los datos obtenidos por (Marlita y Taboada 2021), la presencia de hongos en el agua no es un indicador directo de la presencia de contaminación fecal, si son perjudiciales si el agua es de consumo humano pues se pueden presentar *Aspergillus spp.*, *Tricophytum spp.*, *Fuzarium spp.* En contraste con los resultados obtenidos de los diferentes puntos de muestreo, existe presencia de hongos, sin embargo, su presencia es mínima, por lo cual no requiere un tratamiento adicional ya que el límite permisible es de 500 UFC establecido por la normativa de la República de Venezuela la cual especifica que es de uso exclusivo para agua de uso de consumo humano.

Es importante destacar que existe una diferencia entre los hongos pues estos pueden ser mohos o levaduras. Los mohos tienden a tener una coloración más llamativa y una textura filamentososa, lanosa teniendo en cuenta que son colonias grandes y sus centros son oscuros, además sus colonias pueden ser pigmentadas de distintos colores mientras que las levaduras se presentan mucho más incoloras o con colores opacos, con una superficie lisa, en la presente predominan las levaduras con colonias pequeñas circulares, con filos y bordes definidos (Cardoza 2019).

3.10 Antibiogramas

Tabla 42-3: Antibiograma de bacterias aisladas

Antibióticos	Bacterias aisladas			
	<i>E. coli</i>	<i>E. coli inactiva</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella paratyphi A</i>
Ácido Nalidíxico	S	S	--	S
Amikacina	S	S	S	R
Ampicilina	S	S	R	S
Gentamicina	--	--	S	--
Ceftriaxona	S	S	--	S

Penicilina G	--	--	S	R
Cloranfenicol	S	S	S	S
Cefotaxima	R	S	S	S
Ceftazidima	R	R	--	S
Oxacilina	R	R	S	--

Realizado por: Sagñay, Sandra, 2023.

El análisis de la tabla 42-3 proporciona una visión clara de la resistencia y sensibilidad de varias bacterias a distintos antibióticos. En el caso de *E. coli* activa, se observa sensibilidad a Ácido Nalidíxico (S), Amikacina (S), Ampicilina (S), Ceftriaxona (S), Cloranfenicol (S), mientras que muestra resistencia a Cefotaxima (R), Ceftazidima (R) y Oxacilina (R).

En el caso de *E. coli* inactiva, se evidencia sensibilidad a Ácido Nalidíxico (S), Amikacina (S), Ampicilina (S), y Cloranfenicol (S), Ceftriaxona (S), Cefotaxima (S), con resistencia a Ceftazidima (R), y Oxacilina (R).

Para *Staphylococcus aureus*, se destaca su sensibilidad a Cloranfenicol (S), Cefotaxima (S), Amikacina (S), Penicilina G (S), Gentamicina (S), Oxacilina (S), pero se muestra resistente a Ampicilina (R).

Finalmente, en el caso de *Salmonella paratyphi A*, se observa sensibilidad a Ácido Nalidíxico (S), Ampicilina (S), Ceftriaxona (S), Cloranfenicol (S), Cefotaxima (S), y Ceftazidima (S), con resistencia a Amikacina (R), Penicilina G (R).

Estos resultados subrayan la importancia de realizar pruebas de sensibilidad antibiótica para personalizar el tratamiento y prevenir el desarrollo de resistencia bacteriana. Así mismo, cabe resaltar que la resistencia bacteriana es la capacidad de las bacterias para sobrevivir a los efectos de los antibióticos. Los mecanismos incluyen mutaciones genéticas que reducen la afinidad de los antibióticos, producción de enzimas que los inactivan y la capacidad de expulsar los fármacos del interior celular, amenazando la eficacia de los tratamientos (Sosa 2022).

CONCLUSIONES

Se evaluaron los parámetros físico-químicos del agua de la comunidad de Airón cantón Chambo, Provincia de Chimborazo; en base a la norma NTE INEN 1108:2020, obteniendo los siguientes resultados: los niveles de color y turbidez exceden los límites establecidos por la normativa NTE INEN 1108:2020, indicando una calidad deficiente en estos aspectos. Además, en cuanto a los parámetros químicos, se observa que el cloro libre residual en el domicilio medio y bajo no cumple con la norma NTE INEN 1108:2020. Los fosfatos no cumplen con la norma TULSMA y OMS. El hierro en VA y VB no cumple con la normativa TULSMA, señalando un incumplimiento significativo de la normativa.

Se determinó la calidad microbiológica del agua de consumo humano de la parroquia, según lo establece la NTE INEN 1108:2020, obteniendo los siguientes resultados: los coliformes totales y fecales por el método NMP no cumple la norma TULSMA y NTE INEN 1108:2020. Así mismo, por el método de filtración de membrana no cumple según la normativa NTE INEN 1108:2020 y la NOM. Las pruebas de parásitos si cumplen los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1108:2020. En cuanto a los aerobios mesófilos, estos si cumplen con el código sanitario mexicano y los hongos cumplen de acuerdo con código sanitario venezolano.

Se determinó en el análisis microbiológico de los puntos de muestreo, la presencia de la bacteria *Escherichia coli inactiva*, *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi A* y *Staphylococcus aureus*. Dentro de las pruebas bioquímicas se detectó pruebas positivas para, catalasa, coagulasa, TSI, SIM, citrato, urea, LIA y manitol. En la tinción se encontraron cocos Gram positivos como *Staphylococcus aureus* y Gram negativos como *Escherichia coli* y *Salmonella paratyphi A*. En los antibiogramas se reflejó la resistencia a ciertos antibióticos; para *Escherichia coli* se evidenció resistencia para cefotaxima, ceftazidima y oxacilina, para *Escherichia coli inactiva* se presentó resistencia a ceftazidima y oxacilina, para *Staphylococcus aureus* se detectó resistencia a la ampicilina y *Salmonella paratyphi A* para penicilina y amikacina.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar controles periódicos con el fin de establecer el índice de calidad del agua, y brindar soluciones eficientes, en caso de presentar contaminación en el agua.

Considerar un tratamiento de agua logrando la dosificación correcta y oportuna de reactivos y garantizar una calidad de agua óptima para los habitantes de la comunidad de Airón cantón Chambo, Provincia de Chimborazo.

Se recomienda aplicar un estudio de monitoreo de la calidad del agua de la comunidad de Airón cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, empleando indicadores biológicos, con el fin de evaluar la calidad del agua.

Se sugiere a la población, hervir el agua antes del uso y consumo, o en lo posible utilizar para beber agua embotellada.

Realizar un mantenimiento continuo, y la limpieza de la red de distribución y el punto de captación donde se unen las 3 vertientes, porque se observó que se encuentran con tierra y algas que se precipita hacia el fondo de los mismos y de esta manera brindar las condiciones de seguridad e inocuidad

Debido a que la contaminación microbiológica tiene procedencia de origen fecal ya sea animal o humano, se recomienda evitar el pastoreo y eliminar los pozos sépticos que se hallan cerca del sistema de abastecimiento del agua.

En cuanto al uso de los antibióticos para las distintas enfermedades que se pueda presentar, se recomienda que siempre busque y delimite a la dirección técnica de un profesional médico, lo cual evitará la aparición de la resistencia bacteriana frente a los antibióticos.

Se recomienda el uso de cloro orgánico dosificado para el tratamiento del agua en la comunidad, con el fin de mejorar la calidad del agua de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUILAR, M., 2017.** Análisis ecológico de la calidad y cantidad del recurso hídrico para consumo humano en la parroquia San Isidro de Patulú. S.l.: s.n.
2. **ÁLAVA, L. y MARIN, L., 2021.** Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador). *Dominio de las ciencias*, vol. 7, no. 4,
3. **ANTONIO, G., TOBÓN, J. y HOYOS, A., 2012.** Microbiología. *Medicina y laboratorio*, vol. 18, no. 5,
4. **APELLA, M. y ARAUJO, P., 2019.** Microbiología de agua. *Solar Safe Water* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 33-50. vol. 3. Disponible en: <http://www.ine.es/normativa/leyes/incinor.htm>.
5. **ARONES, J., 2019.** *Uso del método petrifilm 3m para asegurar la calidad sanitaria y de producto terminado en una empresa de alimentos (Lurín-Lima)*. S.l.: s.n.
6. **ARRIETA, J., 2019.** Recomendaciones Para Diseño Y Optimización De Plantas De Tratamiento De Agua Potable, Considerando Aspectos De Funcionalidad Y Durabilidad. *Prospectiva*, vol. 17, no. 2, ISSN 1692-8261. DOI 10.15665/rp.v17i2.1732.
7. **ARTEGA, J., FARFAN, G. y PINTO, L., 2015.** *IMPORTANCIA DE LAS TINCIÓN DE GRAM PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LA ESCHERICHIA COLI*. S.l.: s.n.
8. **BADII, M., GARZA, R., GARZA, V. y LANDEROS, J., 2018.** Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados. *CULCyT*, vol. 2, no. 6,
9. **BECTON, D., 2013.** Instrucciones de uso para el agar Hektoen (HK). *Dickinson and Company*, no. April,
10. **BECTON DICKINSON, 2014.** INSTRUCCIONES DE USO – MEDIOS EN PLACA LISTOS PARA USAR BD MacConkey II Agar USO PREVISTO. *Dickinson, B.*, no. July,
11. **BECTON DICKINSON BD, 2013.** EMB Agar (Eosin Methylene Blue Agar), Modified. *Instituciones de uso-Medio en placas listo para su uso*, no. April,
12. **BOLAÑOS-ALFARO, J.D., CORDERO-CASTRO, G. y SEGURA-ARAYA, G., 2017.** 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). *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 30, no. 4, ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408.
13. **BOU, G., FERNÁNDEZ-OLMOS, A., GARCÍA, C., SÁEZ-NIETO, J.A. y VALDEZATE, S., 2011.** *Métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología*. octubre 2011. S.l.: s.n.

14. CABRERA, E., HERNÁNDEZ, L., GÓMEZ, H. y CAÑIZARES, M., 2023. Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 47, no. 1,
15. CAICEDO, J. y COELLO, J., 2010. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, PARÁMETROS: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, NITRATOS, SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS, OXÍGENO DISUELTO Y AMONIO. S.l.:
16. CAÑETE, C., 2019. La importancia del control y monitoreo de la calidad del agua del Río Paraguay para el desarrollo y la defensa nacional. *Reportes científicos de la FACEN*, vol. 10, no. 1, ISSN 2222145X. DOI 10.18004/rcfacen.2019.10.1.17.
17. CARDOZA, J., 2019. Hongos Y Levaduras. *Hongos*,
18. CERÓN, L., SARRIA, J., TORRES, J. y SOTO, J., 2021. Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Informacion Tecnologica*, vol. 32, no. 1, ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642021000100047.
19. CHACÓN CHAQUEA, M.Y., 2017. *Análisis físico y químico de la calidad del agua*. 1. Bogotá: s.n. ISBN 9789586319669.
20. CHOTA, W. y CHONG, J., 2020. Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, Amazonía peruana. *Folia Amazonica*, vol. 29, no. 2, ISSN 24101184. DOI 10.24841/fa.v29i2.521.
21. CORREA, E. y RODRÍGUEZ, W., 2022. *ESTUDIO DE CAPTACION PARA UN SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LAS COMUNAS TIGUA-PROVINCIA COTOPAXI, APLICANDO LA NOMA TÉCNICA NTE INEN1108*. S.l.: s.n.
22. DAGA, I., FERNÁNDEZ, C. y REYNA, S., 2020. Composición algal y bioindicadores de calidad de agua. Caso de estudio: Embalse San Roque, Córdoba. Argentina. *Cuadernos del CURIHAM*, vol. 26, no. 2,
23. DIBICO S.A, 2022. Agar nutritivo- catalogo. *Medio de Cultivo Bacteriología General*,
24. DICKINSON, 2003. Instructivo de Agar MacConkey. *Instruções de utilização-Meios em placas prontos a usar*,
25. ESPINOZA, E., ACOSTA-ACOSTA, L. y CANDO, V., 2020. Antimicrobial resistance of Enterobacteriaceae and use of antibiotics in ICU patients Dame 2014 Resistência antimicrobiana de Enterobacteriaceae e uso de antibióticos em pacientes de UTI Dame 2014. *Polo del conocimiento* [en línea], vol. 5, no. 4, DOI 10.23857/pc.v5i4.1379. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es>.

26. ESTUPIÑAN, A. y ARENAS, P., 2019. Análisis técnico y ambiental de una planta de tratamiento compacta de agua potable en Villarrica-Tolima. *Semillas ambientales*, vol. 13, no. 1,
27. FERNÁNDEZ, G. y TUSO, W., 2020. *Diseño de una planta de tratamiento de agua potable para la población de Mulaló, provincia de Cotopaxi*. S.l.: s.n.
28. FERRO MAYHUA, F., FERRÓ GONZALES, P.F. y FERRÓ GONZALES, A., 2019. Distribución temporal de las enfermedades diarreicas agudas, su relación con la temperatura y cloro residual del agua potable en la ciudad de Puno, Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, vol. 21, no. 1, ISSN 23068582. DOI 10.18271/ria.2019.446.
29. GALICIA, L., MOLINA, N., OROPEZA, A., GAONA, E. y JUÁREZ, L., 2011. ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE FLUORURO EN AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC, CIUDAD DE MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambiental*, vol. 27, no. 4,
30. GÁMIZ, J., 2020. *Contribución al modelado e implementación de un control avanzado para un proceso de cloración de una Estación de Tratamiento de Agua Potable* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.tdx.cat/?locale=>.
31. GARCÍA, E., GUTIÉRREZ, L., BEDOYA, O. y MONTOYA, O., 2016. Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de cepas ácido lácticas comerciales sobre bacterias causantes de mastitis bovina. *Alimentos hoy*, vol. 24, no. 38,
32. GARCÍA, P. y MENDOZA, A., 2014. Pruebas bioquímicas tradicionales y de alta resolución para identificación manual de enterobacterias. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, vol. 48, no. 2,
33. GARCÍA, R., 2019. *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en el anexo de Cantarizu, Provincia de Oxapampa y Región Pasco – 2019*. S.l.: s.n.
34. GONZÁLES, M.J., 2013. Caracterización fenotípica de cepas de *Escherichia coli* uropatógena (UPEC) en pacientes pediátricos y sus perfiles de resistencia a aminoglucósidos, quinolonas y betalactámicos. *Universidad de la República Uruguay*,
35. GUAMÁN, S. y MÉNDEZ, G., 2017. *Determinación de hierro y manganeso a nivel de las redes de distribución y en agua procedente de las captaciones de la planta de agua potable EMAPAL (Uchupucún, Azogues)*. S.l.: s.n.
36. GUARDERAS, E. y LLAQUE, G., 2021. *Análisis de la calidad del agua para proponer un programa de limpieza y desinfección municipal para uso y consumo humano en pozos de abastecimiento del distrito Santiago de Chuco, 2020*. S.l.: s.n.

37. **HINOJOSA, L., 2022.** *Tinción de Gram de líquido biliar para la prevención de complicaciones infecciosas en la Duodenopancreatectomía.* S.l.: s.n.
38. **HUAMAN, S., LUCEN, M., PAREDES, M. y CHANGANAQUI, D., 2020.** Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvillita en los Pantanos de Villa (Lima – Perú). *South Sustainability*, vol. 14, no. 3, DOI 10.21142/ss-0102-2020-019.
39. **INEN, 1983.** NORMA NTE INEN 1105. Muestreo microbiológico de aguas. . S.l.:
40. **INEN, 2013.** Norma NTE INEN 2176. Técnicas de muestreo. . S.l.:
41. **INEN, 2020.** NTE INEN 1108. Guías para la calidad del agua potable. 2018. S.l.:
42. **JIMÉNEZ, V.C.V., 2013.** Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda consumidas masivamente en el Cantón Shushufindi, Provincia Sucumbíos variando las condiciones de almacenamiento. *DSPACE U. Central*, vol. 16, no. 4,
43. **JOSÉ TACURI, O.V., 2012.** Control Microbiológico y Físico Químico del Agua Potable del Sistema de Abastecimiento del Cantón Santa Isabel. *Universidad de Cuenca*,
44. **LLORY, J., 2003.** Hemocultivo, Coprocultivo y Reacción de Widal en la detección de Salmonella Entérica en pacientes con Salmonelosis The use of blood culture, stool culture and Widal test in the detection of Enteric Salmonella in patients with Salmonellosis. *Medicina*, vol. 9, no. 3,
45. **LONDOÑO, L., OROZCO, L., ZAPATA, C. y PALACIO, J., 2022.** Determinación de la calidad microbiológica bacteriana en tejido de *Oreochromis niloticus* y *Coptodon rendalli* proveniente de los embalses Porce II y Porce III, Antioquia – Colombia. *Actualidades Biológicas*, vol. 45, no. 118, ISSN 0304-3584. DOI 10.17533/udea.acbi/v45n118a05.
46. **LOSADA, L., RUEDA, C. y MARTÍNEZ, P., 2020.** Evaluación de la calidad del agua en el embalse hidroeléctrico El Quimbo. *Entre ciencia e ingeniería*, vol. 14, no. 27, ISSN 19098367. DOI 10.31908/19098367.1800.
47. **LOZA, S., LUGIOYO, M., MARTÍNEZ, M., MIRAVET, E., MONTALVO, J. y SÁNCHEZ, M., 2007.** EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL GOLFO DE BATABANO A PARTIR DE INDICADORES BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS. *Rev. Invest. Mar.* S.l.:
48. **LUGIOYO, G., GONZÁLEZ, D. y GARCÍA, I., 2020.** Evaluación de la calidad del agua de los arrecifes del golfo de Cazones, sur de Cuba, a partir de algunos indicadores microbiológicos y químicos. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, vol. 12, no. 1, ISSN 1659407X. DOI 10.15359/revmar.12-1.1.
49. **MAE, 2015.** Acuerdo ministerial 097-A. . S.l.:
50. **MARLITA, L. y TABOADA, M., 2021.** Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado pachapiriana, distrito de chontalí, provincia de

- Jaén– 2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 5, no. 6, ISSN 2707-2215. DOI 10.37811/cl_rcm.v5i6.1355.
51. **MCFARLAND, M. y DOZIER, M., 2011.** Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. . S.l.:
 52. **MOLINA, J., 2016.** *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en el cantón Chunchi*. S.l.: s.n.
 53. **MORA, D., BARBOZA, R. y OROZCO, J., 2019.** Índice de calidad y continuidad de los servicios de agua para consumo humano en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 32, no. 1, ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v32i10.4882.
 54. **MORALES, E., SOLANO, M., MORALES, R., REYES, L., BARRANTES, K., ACHÍ, R. y CHACÓN, L., 2019.** Evaluation of climatic seasonal influence on the quality of water for human consumption in a San José (Costa Rica) supply system, 2017-2018. *Revista costarricense de salud pública* [en línea], vol. 28, no. 1, ISSN 1409-1429. Disponible en: <https://cran.r->
 55. **MSP, 2019.** Reporte de datos de resistencia microbiana en Ecuador. . S.l.:
 56. **OLEAS, B., 2016.** *Evaluación de la calidad física, química y microbiológica del agua de consumo humano en la parroquia rural de Cubijés del cantón Riobamba*. S.l.: s.n.
 57. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, O., 2011.** Informe sobre la salud en el mundo 2008. *Revista Cubana de Salud Pública*, vol. 37, no. 4, ISSN 0864-3466. DOI 10.1590/s0864-34662011000400019.
 58. **ORTIZ, L., 2015.** ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL SISTEMA DE AGUA DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO REGIONAL YANAHURCO ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO CONVENCIONAL. . S.l.:
 59. **ORTIZ, R. y QUITO, K., 2021.** *Calidad del agua para consumo humano en los centros poblados de Sachapte y Antacocha 2020*. S.l.: s.n.
 60. **PÁEZ, J., 2020.** *Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de agua potable del municipio Abrego Norte de Santander*. S.l.: s.n.
 61. **PALACIOS, R. y VELASTEGUI, L., 2020.** *Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha*. S.l.: s.n.
 62. **PARRALES, J., 2023.** *Análisis de una planta compacta para el tratamiento de agua potable en la parroquia la Unión*. S.l.: s.n.
 63. **PAUTA, G., VELASCO, M., GUTIÉRREZ, D., VÁZQUEZ, G., RIVERA, S., MORALES, Ó. y ABRIL, A., 2019.** Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la

- ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, vol. 10, no. 2, ISSN 13906143. DOI 10.18537/mskn.10.02.08.
64. PEÑA, S. y ARAYA, P., 2021. Aguas de contacto, efectos en la minería y el medioambiente. *Revista de la Facultad de Derecho*, vol. 10, no. 3, ISSN 07978316. DOI 10.22187/rfd2021n50a6.
65. PÉREZ-LÓPEZ, E., 2016. Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 29, no. 3, ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v29i3.2884.
66. PLÚAS, A., POZO, M., LAJONES, C., CARREÑO, H. y ARÉVALO, O., 2020. Determinación de Coliformes Totales y *Escherichia Coli* en el Estuario Chullupe del Cantón Santa Elena Provincia de Santa. *Investigación UESS* [en línea], vol. 399, no. 6, DOI 10.31095/investigatio. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.31095/investigatio>.
67. QUIÑONES, D., YU, H. y HAN, X., 2021. La humanidad enfrenta un desastre: la resistencia antimicrobiana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 20, no. 3,
68. REYES, A., 2020. *Estudio comparativo entre técnicas de recuento en placa tradicional y placas 3MTM PetrifilmTM para la enumeración de mohos y levaduras en matrices alimentarias*. S.l.: s.n.
69. REYES, L. y VELIZ, M., 2021. Calidad del servicio y su relación con la satisfacción al cliente en la empresa pública de agua potable del cantón Jipijapa. *Polo del conocimiento*, vol. 6, no. 4,
70. RODRÍGUEZ, J., 2009. Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. *Revista Pensamiento Actual*, vol. 9, no. 14,
71. SALAS, J., MARAVER, F., RODRÍGUEZ, L., PIPAON, M., VITORIA, I. y MORENO, L., 2020. The importance of water consumption in health and disease prevention: The current situation. *Nutricion Hospitalaria*, vol. 37, no. 5, ISSN 16995198. DOI 10.20960/nh.03160.
72. SAMBACHI, J., 2021. *Validación del método NMP para coliformes fecales en agua de consumo del laboratorio Ambienlab*. S.l.: s.n.
73. SEVERICHE, C., CASTILLO, M. y ACEVEDO, R., 2013. Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas. , DOI Biblioteca Virtual EUMED.NET.
74. SIGLER, A. y BAUDER, J., 2016. Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales. . S.l.:

75. **SILVA, J., RODRÍGUEZ, M. y SOUSA, O., 2020.** Efecto de la adición de bacterias nitrificantes autóctonas en la formación de bioflocos para la mejoría de la calidad del agua de cultivo de organismos acuáticos. *Brazilian Journal of Development*, vol. 6, no. 6, ISSN 25258761. DOI 10.34117/bjdv6n6-078.
76. **SOLÍS-CASTRO, Y., ZÚÑIGA-ZÚÑIGA, L.A. y MORA-ALVARADO, D., 2018.** La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 1, ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v31i1.3495.
77. **SOSA, C., 2022.** *Estudio de la calidad del agua para consumo humano de acuerdo a los parámetros físico-químico y microbiológico según el DS N° 031 – 2010 – SA en el Centro Poblado rural de Yapac y San Antonio de Chucchuc del distrito de Colpas Huánuco – 2021.* S.l.: s.n.
78. **TIBANQUIZA, S., 2018.** *Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable San José de Puñachizag, cantón Quero, provincia Tungurahua.* S.l.: s.n.
79. **ULPGC, 2013.** Pruebas bioquímicas de identificación de bacterias. *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*,
80. **VALTEK, 2014.** Agar Baird Parker. , vol. 70, no. 4,
81. **WENG, Z., HERNÁNDEZ, B., ABREU, M. y BELTRÁN, J., 2014.** Control de medios de cultivo con empleo de cepas bacterianas autóctonas como patrones secundarios de referencia. *Revista cubana de epidemiología*, vol. 42, no. 1,
82. **YUMBO, K., ILEER, V., ESPINOZA, W., CAMPOS, D., CASTRO, R. y CHIRINOS, D., 2018.** Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador. *Polo del conocimiento*, vol. 5, no. 10,
83. **ZUNIGA, I. y SAMPERIO, H., 2019.** Importancia de la cloración del agua: sitios de abastecimiento con presencia de bacterias patógenas. *Enfermedades infecciosas y microbiología* [en línea], vol. 39, no. 3, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/337290298>.



ANEXOS

ANEXO A: LUGAR DE MUESTREO



ANEXO B: DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL AGUA

Medición Cloro residual



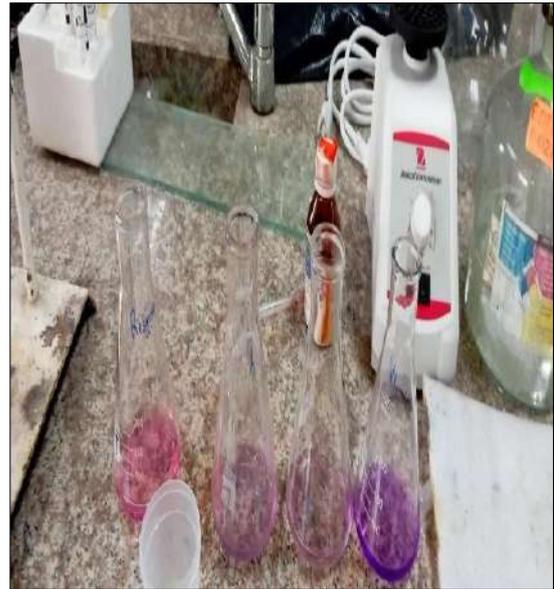
Determinación de fosfatos



Determinación de alcalinidad



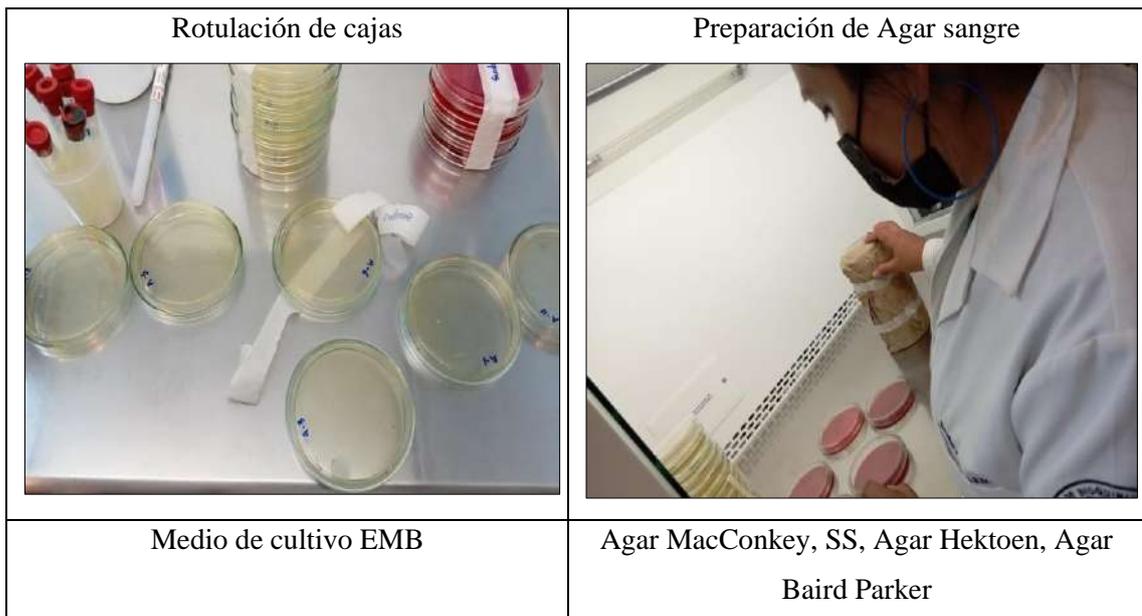
Determinación de dureza



ANEXO C: PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO LÍQUIDOS



ANEXO D: PREPARACIÓN DE MEDIOS DE SÓLIDOS





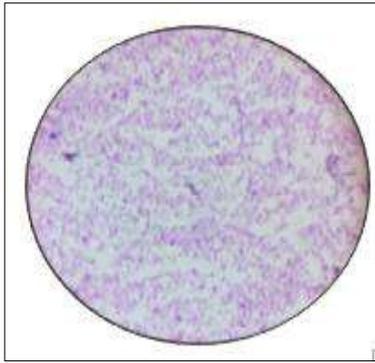
ANEXO E: INCUBACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO SOLIDOS Y LÍQUIDOS



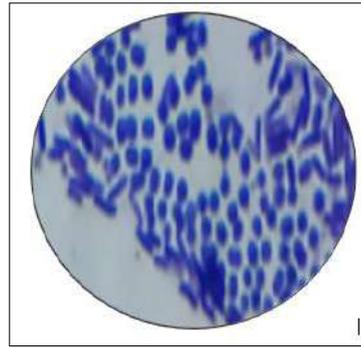
ANEXO F: TINCIÓN GRAM



Bacilos Gram negativos con 100X



Cocos Gram positivos con 100X



ANEXO G: DETERMINACIÓN DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS

Preparación de pruebas bioquímicas



Prueba de la catalasa



Resultado de pruebas bioquímicas



Cambios de color de medios

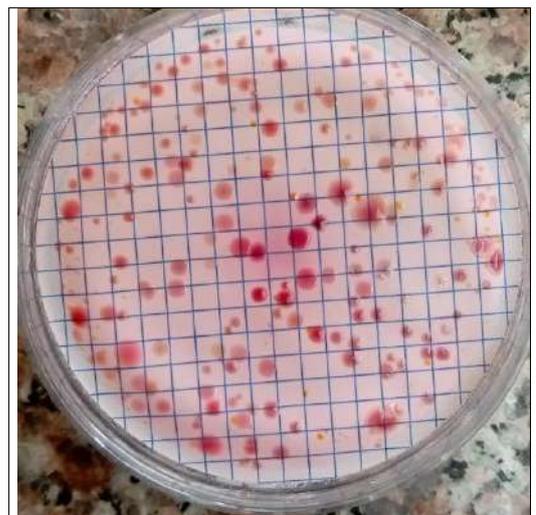
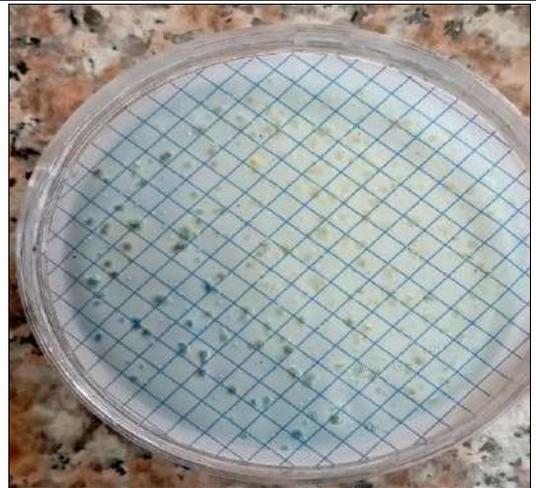


ANEXO H: TÉCNICAS DE NMP Y FILTRACION DE MEMBRANA

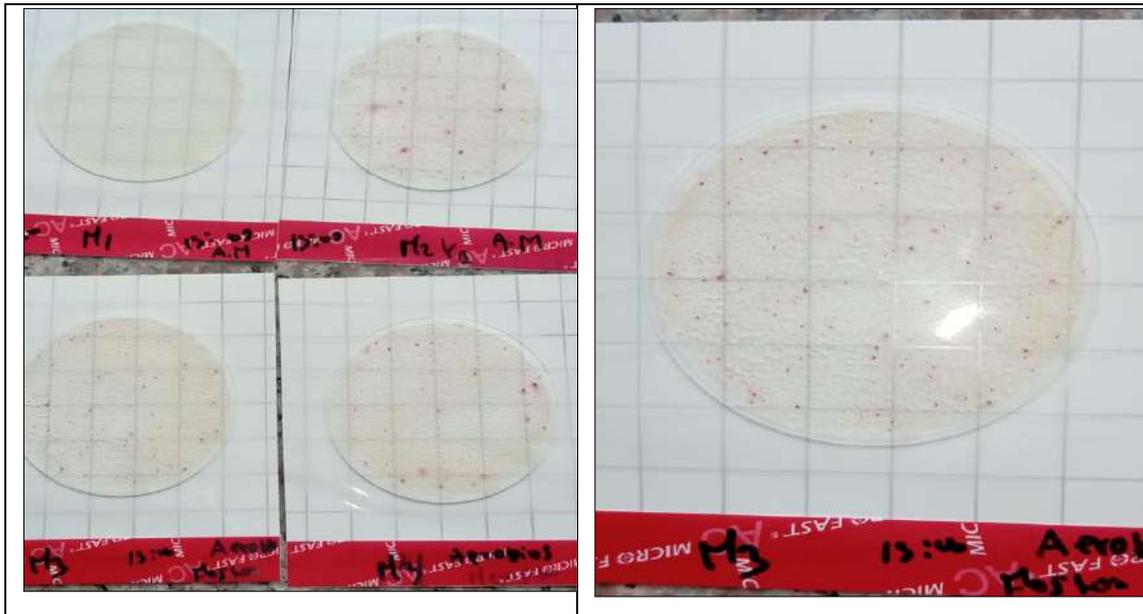
Número más probable NMP



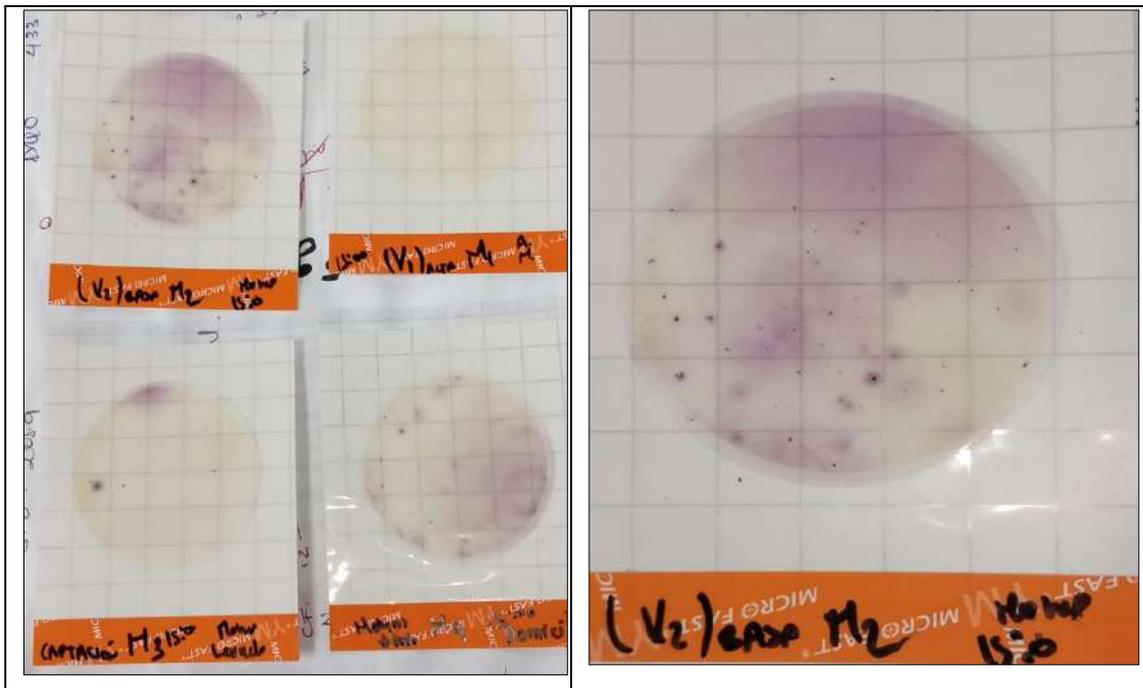
Filtración de membrana



ANEXO I: TÉCNICAS DE PETRIFILM DE AEROBIOS MESÓFILOS



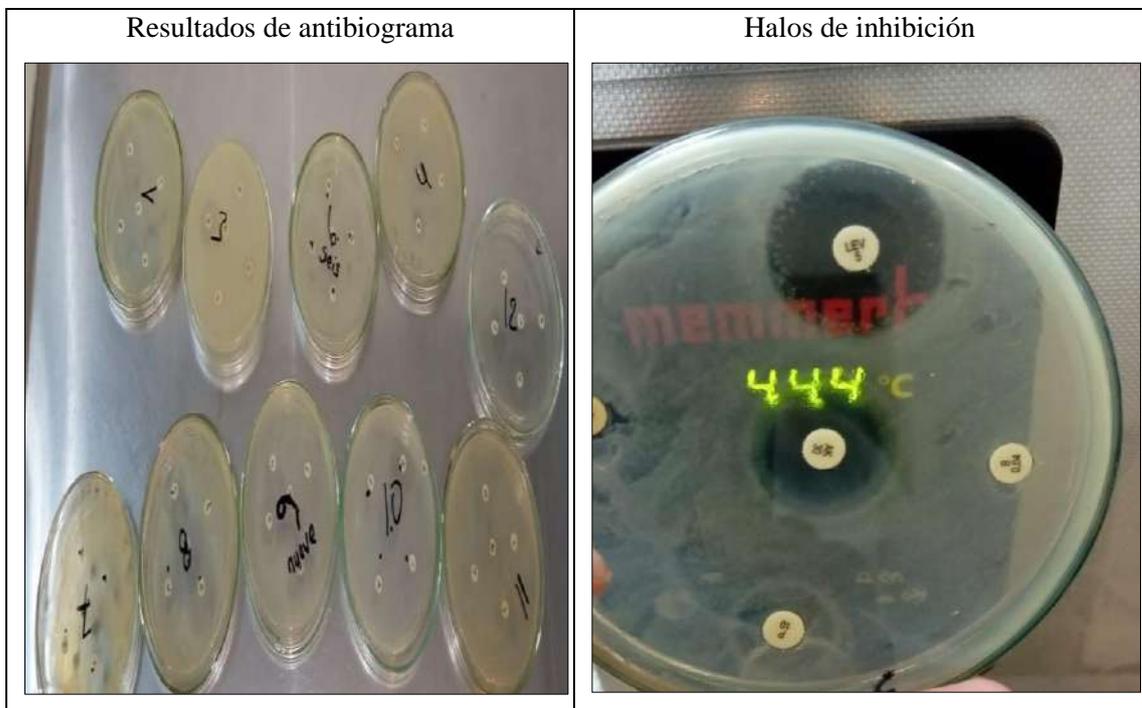
ANEXO J: TÉCNICAS DE PETRIFILM DE HONGOS (MOHOS Y LEVADURAS)



ANEXO K: TÉCNICA DE CENTRIFUGACIÓN PARA PARÁSITOS



ANEXO L: PREPARACIÓN DE ANTIBIOGRAMAS





epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Sandra Isabel Sagñay Lema
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Bioquímica y Farmacia
Título a optar: Bioquímica Farmacéutica
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2255-DBRA-UPT-2023

ESPOCH - DBRA I
PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS
BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL
21 DIC 2023
REVISIÓN DE RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA
Por: Rafael Inty Salto Hidalgo Hora: 17:49