

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS PARA SU COMERCIALIZACIÓN COMO AGUA EMBOTELLADA”.

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico

AUTOR:

Carlos Fernando Villa Gutiérrez
C.I. 0105160402

DIRECTORA:

Ing. Sonia Margoth Astudillo Ochoa
C.I. 0104047444.

CUENCA- ECUADOR

2017



RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como propósito evaluar la calidad del agua cruda proveniente de la vertiente natural San Andrés localizado en la parroquia Hermano Miguel, mediante un estudio físico- químico y microbiológico en las muestras recogidas tanto del cuerpo de agua como en el sistema al ingreso de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.

Para el estudio se tomaron 64 muestras, considerando los criterios para recolección de muestras de la norma ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 y 2176: 2013, los días lunes y miércoles de cada semana respectivamente. Los parámetros físico-químicos que se han considerado para la evaluación de la calidad en el agua cruda fueron: temperatura, pH, turbidez, SDT, conductividad, color, dureza total, alcalinidad total, nitritos, nitratos, sulfatos, hierro y cadmio; y los parámetros microbiológicos fueron: coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos.

Los resultados obtenidos del estudio revelaron que criterios como: color, turbidez, nitritos, coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos no cumplen con lo exigido por el reglamento RTE INEN 055: 2011 y la norma NTE INEN 2200: 2008.

De los resultados se realizó la propuesta de tratamiento necesaria para acondicionar el agua cruda y se elaboró un DPO para ello, el cual incluye procesos como: coagulación y floculación, sedimentación; filtración con arena, desinfección mediante cloración; acopio, filtración con carbón activo, finalmente desinfección por ozonificación.

Palabras Claves: Evaluación, Calidad, Vertiente Natural, Agua Cruda, Propuesta de Tratamiento.



ABSTRACT

The purpose of this research project is to evaluate the quality of raw water from the San Andrés natural spring located in the Hermano Miguel parish, by means of a physico-chemical and microbiological study in the samples collected from both the water body and the water system. income of the COMPROPUR DEL ASUTRO S.A company.

For the study were taken 64 samples, considering the criteria for sample collection of the Ecuadorian standard NTE INEN 2169: 2013 and 2176: 2013, on Monday and Wednesday of each week respectively. The physical-chemical parameters that have been considered for quality assessment in raw water were: temperature, pH, turbidity, SDT, conductivity, color, total hardness, total alkalinity, nitrites, nitrates, sulphates, iron and cadmium; and the microbiological parameters were: total coliforms, fecal coliforms and mesophilic aerobes.

The results obtained from the study revealed that criteria such as color, turbidity, nitrites, total coliforms, faecal coliforms and mesophilic aerobes do not comply with the requirements of the RTE INEN 055: 2011 and the NTE INEN 2200: 2008 norms.

From the results, the necessary treatment proposal was made to condition the raw water and a DPO was prepared for it, which includes processes such as: coagulation and flocculation, sedimentation; filtration with sand, disinfection by chlorination; storage, filtration with activated carbon, finally disinfection by ozonation.

Key Words: Evaluation, Quality, Natural Shed, Raw Water, Treatment Proposal.



ÍNDICE GENERAL

OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN	16
Objetivo General:	16
Objetivos Específicos:.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
HIPÓTESIS.....	18
1. CAPÍTULO I: MARCO DE REFERENCIA	19
1.1 MARCO TEÓRICO.....	19
1.1.1 Reseña Histórica de la Empresa	19
1.1.1.1 Misión	19
1.1.1.2 Visión	19
1.1.1.3 Generalidades del Agua	19
1.1.2 Concepto.....	20
1.1.2.1 Agua	20
1.1.3 Agua Potable	20
1.1.3.1 Agua Natural	21
1.1.4 Composición y estructura del agua	21
1.1.5 Propiedades físico- químicas del agua	22
1.1.5.1 Densidad.....	23
1.1.5.2 Disolvente.....	23
1.1.5.3 Polaridad.....	24
1.1.5.4 Cohesión.....	24
1.1.5.5 Adhesión.....	24
1.1.5.6 Tensión Superficial	24
1.1.5.7 Calor específico.....	25
1.1.5.8 Conductividad	25
1.1.6 Calidad del Agua.....	26
1.1.7 Parámetros de Control.....	26
1.1.8 PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA.....	27
1.1.8.1 Turbidez	27
1.1.8.2 Temperatura	28
1.1.8.3 Color.....	28
1.1.8.4 Olor y Sabor	29



1.1.8.5	Sólidos totales disueltos (SDT).....	29
1.1.9	PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA	30
1.1.9.1	Potencial de Hidrógeno (pH).....	30
1.1.9.2	Dureza	30
1.1.9.3	Alcalinidad	31
1.1.9.4	Hierro	33
1.1.9.5	Cadmio	33
1.1.9.6	Nitritos y Nitratos.....	34
1.1.9.7	Sulfatos.....	35
1.1.10	PARÁMETRO MICROBIOLÓGICOS	35
1.1.10.1	Coliformes Totales	36
1.1.10.2	Coliformes Fecales.....	36
1.1.10.3	Aerobios Mesófilos	36
1.1.11	PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA	37
1.1.11.1	Remoción de Impurezas en el Agua.....	37
1.1.11.2	Parámetros de Calidad.....	37
1.1.11.3	Grados de Tratamiento del Agua.....	38
1.1.12	PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA CRUDA	39
1.1.12.1	Filtración Primaria.....	40
1.1.12.2	Coagulación- Floculación	40
1.1.12.3	Sedimentación	41
1.1.12.4	Filtración	41
1.1.12.4.1	Filtración o Afino con Carbón Activo.....	42
1.1.12.4.2	Filtración con Resina.....	43
1.1.12.5	Desinfección.....	43
1.1.12.5.1	Cloración	43
1.1.12.5.2	Mecanismo de cloración.....	44
1.1.12.5.3	Radiación por Luz Ultravioleta (UV).....	44
1.1.12.5.4	Ozonización.....	45
2.	CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOLOGÍA	46
2.1.	Metodología de Trabajo	46
2.2.	Análisis Estadístico	46
2.3.	Población de Estudio.....	47
2.3.1.	Ubicación de la Empresa.....	47
2.3.2.	Descripción del Terreno	48



2.3.3.	Información General de la Fuente de Agua.....	48
2.4.	Muestreo.....	49
2.4.1.	Tamaño de la muestra	49
2.5.	Toma de muestras.....	50
2.5.1.	Condiciones del Recolector.....	51
2.5.2.	Tipo de Recipiente	51
2.6.	Materiales.....	51
2.6.1.	Materiales de Campo.....	51
2.6.2.	Materiales de Laboratorio	52
2.6.3.	Equipos.....	53
2.6.4.	Reactivos	53
2.7.	ANÁLISIS FÍSICO	54
2.7.1.	Temperatura	54
2.7.2.	Turbidez	54
2.7.3.	Sólidos disueltos totales (SDT).....	56
2.7.4.	Color.....	57
2.8.	ANÁLISIS QUÍMICO	58
2.8.1.	Potencial Hidrógeno (pH)	58
2.8.2.	Determinación de Hierro.....	59
2.8.3.	Determinación de Nitritos	61
2.8.4.	Determinación de Nitratos.....	62
2.8.5.	Determinación de Sulfatos	64
2.8.6.	Determinación de Cadmio.....	65
2.8.6.1.	Preparación del Complejo cadmio- ditizona en la muestra.	67
2.8.7.	Determinación de Dureza Total	67
2.8.8.	Determinación de Alcalinidad Total	68
2.9.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....	69
2.9.1.	Determinación de Coliformes Totales.....	69
2.9.2.	Determinación de Coliformes Fecales	70
2.9.3.	Determinación de Aerobios Mesófilos.....	71
3.	CAPÍTULO III: RESULTADOS	73
3.1.	Resultados de Temperatura	73
3.2.	Resultados de pH.....	74
3.3.	Resultados de la Turbidez	75
3.4.	Resultados de la Conductividad	76



3.5.	Resultados del Color	78
3.6.	Resultados de Sólidos Disueltos Totales.....	79
3.7.	Resultados de Alcalinidad Total.....	80
3.8.	Resultados de Dureza Total.....	81
3.9.	Resultados de Nitratos.....	82
3.10.	Resultados de Nitritos	83
3.11.	Resultados de Sulfatos	85
3.12.	Resultados de Hierro	86
3.13.	Resultados de Cadmio	87
3.14.	Resultados para Coliformes Totales.....	87
3.15.	Resultados para Coliformes Fecales.....	88
3.16.	Resultados para Aerobios Mesófilos.....	89
4.	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	91
4.1.	Temperatura	91
4.2.	pH.....	91
4.3.	Turbidez	92
4.4.	Conductividad	92
4.5.	Color.....	93
4.6.	Sólidos Disueltos Totales	94
4.7.	Alcalinidad Total.....	94
4.8.	Dureza Total.....	94
4.9.	Nitratos	95
4.10.	Nitritos.....	95
4.11.	Sulfatos.....	96
4.12.	Hierro	96
4.13.	Cadmio	96
4.14.	Coliformes Totales y Coliformes Fecales	97
4.15.	Aerobios Mesófilos	97
4.16.	Propuesta De Tratamiento Para El Agua Cruda.....	98
4.17.	Propuesta Para El Tratamiento Óptimo De Agua Cruda.....	99
4.18.	Prueba de Jarras (Jar- Test)	101
4.18.1.	Criterios para la evaluación de Prueba de Jarras:.....	102
4.18.2.	Cargas y Producción de Lodos	103
4.18.3.	Procedimiento para la Prueba de Jarras.....	104
4.18.4.	Resultados Obtenidos de la Prueba de Jarras	104



4.19.	Análisis de Resultados de la Prueba de Jarras.....	106
4.20.	Cálculo estimado de masa de lodo producido en proceso de coagulación y floculación.....	107
4.21.	Revisión de Costos por Aprovechamiento de Agua Cruda.....	107
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES.....	112
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	ABREVIATURAS.....	122
	UNIDADES DE MEDIDA.....	123
	GLOSARIO.....	124
	ANEXOS.....	126
	ANEXO 1: CRONOGRAMA DE MUESTREO.....	126
	ANEXO 2: ESQUEMA PRÁCTICO PARA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES.....	128
	ANEXO 3: CUADRO DE DATOS.....	129
	ANEXO 4: RESPALDOS FOTOGRÁFICOS.....	139
	ANEXO 5: REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 055: 2011.....	155
	ANEXO 6: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2200 (2008).....	160
	ANEXO 7: NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1529- 6 (1990).....	164
	ANEXO 9: SOLICITUD PARA USO DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.....	166



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición y estructura del agua.	22
Figura 2. Filtro Convencional de Agua	42
Figura 3. Ubicación de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.....	47
Figura 4. Áreas de conservación de cauces de ríos, quebradas o cualquier curso de agua y lagunas..	48
Figura 5. Concesiones mineras y minas existentes en la provincia del Azuay..	49
Figura 6. Diagrama de funcionamiento de un turbidímetro HACH modelo 2100N	55
Figura 7. Esquema Experimental de un Equipo de Jar Test.....	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del agua conforme el valor de Conductividad.....	25
Tabla 2. Clasificación de la Dureza del Agua	31
Tabla 3. Rangos de la Alcalinidad	32
Tabla 4. Procesos de Tratamiento de Agua Potable.....	37
Tabla 5. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua.....	38
Tabla 6. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua.....	39
Tabla 7. Cálculos estadísticos de la temperatura.....	73
Tabla 8. Cálculos estadísticos del pH.....	74
Tabla 9. Cálculos estadísticos del pH.....	75
Tabla 10. Cálculos estadísticos de la Conductividad	77
Tabla 11. Cálculos estadísticos del Color	78
Tabla 12. Cálculos estadísticos de los SDT	79
Tabla 13. Cálculos estadísticos de la Alcalinidad Total.....	80
Tabla 14. Cálculos estadísticos de la Dureza Total.....	81
Tabla 15. Cálculos estadísticos de Nitratos.....	82
Tabla 16. Cálculos estadísticos de Nitritos	84
Tabla 17. Cálculos estadísticos de Sulfatos.....	85
Tabla 18. Cálculos estadísticos del Hierro	86
Tabla 19. Cálculos estadísticos de Coliformes Totales.....	88
Tabla 20. Cálculos estadísticos de Coliformes Fecales.....	88
Tabla 21. Cálculos estadísticos para Aerobios mesófilos	90
Tabla 22. Determinación del índice de Willcomb.....	102
Tabla 23. Resultados de eficiencia en la remoción de turbidez y color al tratamiento de coagulación y floculación.....	105
Tabla 24. Cálculo de la Masa de Lodo Húmedo en el Sedimentador producto del proceso de coagulación y floculación con dosis óptima de reactivos químicos.....	107
Tabla 25. Cálculo Aproximado del Costo de Producción Mensual con Agua Potable como materia prima.	108
Tabla 26. Cálculo Aproximado del Costo de Producción Mensual con Agua Cruda como materia prima	109
Tabla 27. Cálculo Aproximando del Costo por Consumo Anual de Agua Potable como materia prima	109
Tabla 28. Cálculo Aproximado del Costo por Consumo Anual de Agua Cruda como materia prima	110



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Temperatura en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	74
Gráfico 2. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de pH en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	75
Gráfico 3. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de turbidez en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	76
Gráfico 4. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Conductividad en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	77
Gráfico 5. Gráfico en Dispersión lineal para resultados del Color en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	78
Gráfico 6. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Sólidos Disueltos Totales en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	80
Gráfico 7. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Alcalinidad Total en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	81
Gráfico 8. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Dureza Total en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	82
Gráfico 9. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Nitratos en muestras de agua cruda del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	83
Gráfico 10. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Nitritos en muestras de agua cruda del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	84
Gráfico 11. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Sulfatos en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresaFuente: El Autor	85
Gráfico 12. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Hierro en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	86
Gráfico 13. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Coliformes totales y Coliformes Fecales en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	89
Gráfico 14. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de análisis microbiológico de Aerobios mesófilos en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.	90
Gráfico 15. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje en un rango de valores de conductividad.	93
Gráfico 16. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje de muestras aptas y no aptas según la norma NTE INEN 2200 para el parámetro Color.	93
Gráfico 17. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje de muestras aptas y no aptas según la norma INEN 055 para el parámetro Nitritos.	95
Gráfico 18. Gráfico Lineal para resultados de Turbidez en Prueba de Jarras para diferentes dosificaciones de sulfato de aluminio como coagulante y polielectrolito PRAESTOL 650 TR como floculante.	105
Gráfico 19. Gráfico Lineal para resultados de Color en Prueba de Jarras para las diferentes dosificaciones de sulfato de aluminio como coagulante y polielectrolito PRAESTOL 650 TR como floculante.	106



Universidad de Cuenca

CLÁUSULAS DE RESPONSABILIDAD



Universidad de Cuenca

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Yo, Carlos Fernando Villa Gutiérrez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS PARA SU COMERCIALIZACIÓN COMO AGUA EMBOTELLADA”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 21 de Noviembre de 2017

Carlos Fernando Villa Gutiérrez

C.I: 010516040-2



Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca
Cláusula de Propiedad Intelectual

Yo, Carlos Fernando Villa Gutiérrez, autor del trabajo de titulación “CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS PARA SU COMERCIALIZACIÓN COMO AGUA EMBOTELLADA”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 21 de Noviembre de 2017

Carlos Fernando Villa Gutiérrez

C.I: 010516040-2



AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios, por su sabiduría, fortaleza y alegría brindados; base de roca para todos mis propósitos en la vida.

Agradezco a mi familia y su apoyo incondicional en todo momento.

De manera especial agradezco a mi directora de tesis, Ing Sonia Astudillo, quien durante su tutoría ha puesto su dedicación y ha aportado sus capacidades y conocimientos en el desarrollo del proyecto de investigación, desafiando mi potencial.

A mis profesores a quienes debo gran parte de los conocimientos adquiridos. Gracias por su paciencia.

Al personal de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A quienes me abrieron las puertas en la realización del presente proyecto. Un especial agradecimiento al Sr José Moreno, Jefe de Producción de la empresa, que guió y colaboró en gran medida para la culminación de esta tesis.



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de investigación a Dios, por haberme permitido llegar con salud, fortaleza y dedicación a la culminación del mismo.

A mis padres; por el esfuerzo, cariño y paciencia prestados a lo largo de mis estudios y del presente proyecto. Por su apoyo incondicional e incansable dedicación en el transcurso de mi formación.

También dedico este proyecto a mis hermanos, por sus continuos mensajes de aliento.

A mi abuelita, por los constantes ánimos y muestras de cariño.

A todos ellos dedico este proyecto, sin alguno de ustedes nada de esto hubiese sido posible.



OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General:

- Caracterizar el agua cruda proveniente de la vertiente natural San Andrés sector Patamarca mediante un estudio físico-químico y microbiológico para su posterior uso en el proceso de embotellado en la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.

Objetivos Específicos:

- Realizar el análisis físico-químico a través de parámetros de temperatura, conductividad, pH, color, turbiedad, sólidos disueltos totales, alcalinidad total, dureza total, basados en la norma INEN 2200: 2008 y el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055: 2011
- Establecer el contenido de hierro, cadmio, nitritos, nitratos y sulfatos fundamentado en el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055: 2011
- Determinar la calidad microbiológica del agua cruda: organismos coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos establecidos en la norma NTE INEN 2200: 2008 y NTE INEN 1108: 2014.
- Evaluar la calidad de agua para su uso en el proceso productivo de la empresa.
- Establecer la propuesta de tratamiento óptimo del agua cruda de acuerdo a los resultados obtenidos.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la empresa cuencana “COMERCIALIZADORA, PROCESADORA Y PURIFICADORA DEL AUSTRO COMPROPUR S.A.” depende de la red de agua pública para obtener su principal materia prima en la elaboración de productos entre los que se encuentran el agua embotellada. A fin de lograr una mayor autonomía y disminuir costos de producción, se ha propuesto cambiar el abastecimiento de agua potable por agua natural procedente de la vertiente San Andrés, ubicado en el Sector de Patamarca de la parroquia Hermano Miguel.

Por las condiciones físico- químicas y microbiológicas iniciales que pudiese presentar las aguas crudas al momento de su captación, es necesario realizar su caracterización en sus múltiples parámetros debido a que son aguas que no han recibido tratamiento previo alguno.

Al lograr caracterizar las aguas crudas, es posible evaluar la calidad de la misma y establecer el tratamiento adecuado con el objeto de que sea apta para consumo humano, con ello la empresa logrará una autonomía en su principal materia prima, permitiendo que ésta deje su dependencia a la alimentación de la red de agua pública para su proceso de envasado de agua, abaratando el costo de consumo y mejorando su rendimiento económico.



HIPÓTESIS

El agua procedente de la vertiente San Andrés debido a su naturaleza es susceptible a un pretratamiento para alcanzar el cumplimiento de la norma NTE INEN 2200: 2008 y el reglamento técnico RTE INEN 055: 2011, para así cumplir con los parámetros físico-químicos y microbiológicos previo su embotellamiento y comercialización en la planta de producción de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.



1. CAPÍTULO I: MARCO DE REFERENCIA

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Reseña Histórica de la Empresa

La compañía cuencana “COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.” se creó el 15 de septiembre de 2016, como emprendimiento de personas cuencanas entre ellas la del Gerente de la Empresa Sr. Marco Delgado, con el objetivo de incrementar y fortalecer la industria de la ciudad, generar puestos de empleo y aumentar la disponibilidad de productos para el consumo humano.

1.1.1.1 Misión

Producir y comercializar agua embotellada que satisfaga las necesidades de sus consumidores, ajustándose satisfactoriamente a los estándares de calidad para alimentos.

1.1.1.2 Visión

Aportar al desarrollo productivo del país y generar plazas de empleos para sus ciudadanos mediante procesos productivos de alto rendimiento y personal calificado para convertirse a futuro en una empresa sólida y posicionada en la región.

1.1.1.3 Generalidades del Agua

La calidad del agua purificada para consumo humano o con fines alimentarios debe acogerse al Reglamento de Buenas Prácticas y a lo fijado por el Ministerio de Salud Pública de acuerdo a lo establecido en el Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 emitido por la Presidencia de la Republica, vigente desde el de 4 de Noviembre del 2002 y Acuerdo Ministerial 2912 Registro Oficial 896 vigente desde el 21-feb-2013.



Así, el agua envasada para consumo humano debe cumplir con los requisitos que establece las siguientes Normas Ecuatorianas:

- NTE INEN 2200 (2008): Agua Purificada Envasada.
- RTE INEN 055: 2011: Agua Envasadas. Requisitos.

1.1.2 Concepto

1.1.2.1 Agua

El agua es uno de los componentes de mayor importancia para el desarrollo de la vida, además posee singulares propiedades debido a su composición y estructura. En el ser humano, tomando en cuenta que su composición es principalmente agua, la mayoría de reacciones químicas producidas en el organismo son llevadas a cabo en medio acuoso (Carbajal & Gonzales, 2012).

Debido a que el agua forma parte de alrededor un 65 % del cuerpo humano, le otorga propiedades físicas y químicas beneficiosas para el mismo, ayuda en los procesos de digestión, absorción, distribución de nutrientes, transporte y desecho de elementos tóxicos, es responsable de que los tejidos desarrollen sus funciones y capacidades de manera eficiente (Alvarado, 2009).

Ya que el agua cumple una función de transporte a lo largo del cuerpo, esta también puede trasladar sustancias tóxicas de encontrarse contaminada, llegando a afectar diferentes órganos del cuerpo, causando el deterioro y enfermedades en éstos.

1.1.3 Agua Potable

De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 (2014): el agua potable es aquella cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano.



1.1.3.1 Agua Natural

Nos referimos al agua natural como aquella que se halla en la naturaleza y que no ha sido tratada o potabilizada previamente a fin de modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas (NTE INEN 1108: 2014).

A las aguas naturales también se las conoce como aguas crudas, superficiales, subterráneas o meteóricas dependiendo de cómo se presenten. Generalmente se puede encontrar las aguas crudas en fuentes y reservas naturales como: lagos, arroyos, ríos, nevados, proveniente de las lluvias, vertientes naturales, etc.

1.1.4 Composición y estructura del agua

La molécula de agua está constituida por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno que gracias al enlace covalente que los une, forma una molécula fuertemente estable. Debido a la elevada electronegatividad del átomo de oxígeno, existirá una mayor densidad electrónica (carga negativa) concentrada en estos átomos y menor densidad alrededor de los hidrógenos. La molécula tiene una geometría angular (los dos átomos de hidrógeno forman un ángulo de 105°) (Figura 1.a) lo que hace de ella una molécula polar que puede unirse a otras sustancias polares (Carbajal & González, 2012).

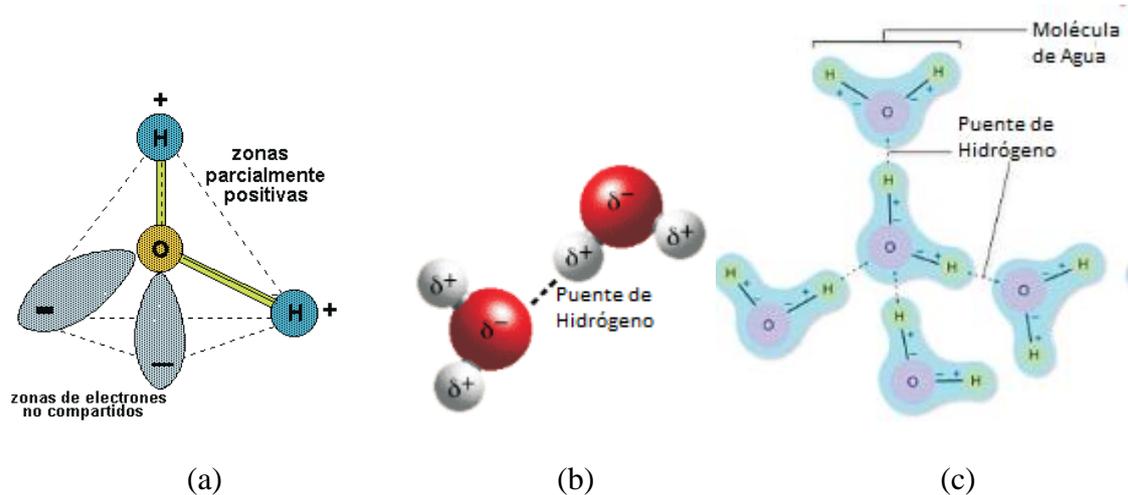


Figura 1. Composición y estructura del agua.

Fuente: (Carbajal & González, 2012)

La unión entre dos o más moléculas de agua ocurre por acción electrostática, una carga parcial positiva cercana a los átomos de hidrógeno y una carga parcial negativa cercana a los átomos de oxígeno permite que las moléculas cohesionen, esta atracción se conoce como enlace químico (Grafica 1.b) que es el causante de las propiedades físicas y químicas del agua. Cada molécula de agua puede eventualmente formar 4 puentes de hidrógeno (Grafica 1.c) con otras moléculas de agua, dando lugar a una estructura reticular tetraédrica causante de sus propiedades físico- químicas polares (Carbajal & González, 2012).

1.1.5 Propiedades físico- químicas del agua

En condiciones normales de temperatura el agua pura no presenta color, olor o sabor, aunque en grandes volúmenes se aprecia de color azul debido a la refracción de la luz al atravesarla, puesto que absorbe con gran facilidad las longitudes de onda larga como: rojo, amarillo, naranja; que las longitudes de onda corta: azul y violeta, desviando lentamente estas otras.



Por la fuerte atracción entre moléculas de agua debido a su polaridad, los puentes de hidrógeno y las fuerzas de Van de Waals que actúan también sobre moléculas circundantes; se torna difícil la separación entre moléculas (en forma de vapor), condicionando sus puntos de ebullición, fusión y calor específico (Carbajal & González, 2012).

En vista de aquello las temperaturas de transformación del agua de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos, pese a que los puntos de congelación y ebullición sean variables, lo que convierte al agua en una sustancia de gran interés físico químico (Barrenechea, 2009).

1.1.5.1 Densidad

La densidad del agua líquida es muy estable, cambia menormente frente a variaciones de presión y temperatura. Así, a presión normal de 1 atmósfera y temperatura de 3,8 °C el valor de la densidad es de 1 Kg/l, pero; este valor va disminuyendo al aumentar la temperatura hasta llegar a la T de 100°C donde el valor de densidad será 0.958 Kg/l (Félez, 2009).

1.1.5.2 Disolvente

El agua tiene un gran poder disolvente debido a su capacidad para formar puentes de hidrógeno con otras sustancias. Además su constante dieléctrica es elevada por tener moléculas dipolares, por tanto el agua es un gran medio disolvente (disolvente polar) de compuestos iónicos (sales minerales) y compuestos covalentes polares (glúcidos). Disuelve parcialmente a sustancias apolares como el azufre en la mayoría de sus compuestos. Es inmisible con disolventes apolares como el hexano (Félez, 2009).



1.1.5.3 Polaridad

La molécula de agua es altamente dipolar debido a la naturaleza de sus átomos de oxígeno (muy electronegativos), y carga positiva del lado de los hidrógenos (Félez, 2009).

1.1.5.4 Cohesión

La cohesión entre átomos de agua es muy fuerte a causa del puente de hidrógeno que entre ellos interactúa, es el que mantiene unidas a las moléculas de agua. Además; debido a estas mismas fuerzas forma una estructura tan compacta que la torna un líquido prácticamente incompresible.

La cohesión en las moléculas puede disminuir por ruptura en los puentes de hidrógeno, ocasionado ya sea por la llegada de otra molécula con un polo negativo o positivo, o por el aumento de la temperatura. (Carmona, 1999).

1.1.5.5 Adhesión

El agua posee una elevada fuerza de adhesión gracias a los puentes de hidrogeno que junto con su cohesión es responsable del fenómeno de capilaridad, esto provoca que el agua sea atraída y se mantenga adherida a otras superficies por ejemplo: la ascensión de la sabia bruta desde las raíces hasta las hojas de las plantas (Félez, 2009).

1.1.5.6 Tensión Superficial

La superficie en los líquidos se comporta como una película capaz de alargarse y al mismo tiempo ofrecen cierta resistencia al intentar romperla, en el agua; esto se debe a sus fuerzas de cohesión, el agua tiene gran atracción entre las moléculas de su superficie, creando tensión superficial. Esta propiedad ayuda a que ciertos objetos muy ligeros floten en la superficie del agua (Félez, 2009).



1.1.5.7 Calor específico

El calor específico del agua es de $1 \text{ cal/}^{\circ}\text{C g}$. Esta propiedad está relacionada con los puentes de hidrógeno entre las moléculas. El agua puede absorber grandes cantidades de calor que a su vez emplea para romper los puentes de hidrógeno de esta manera su temperatura se eleva paulatinamente (Félez, 2009).

1.1.5.8 Conductividad

La conductividad eléctrica es la expresión numérica de la capacidad para transportar una corriente eléctrica, dicha capacidad está en función de la presencia y concentración de iones en el agua, de su movilidad, de su carga, así como de la temperatura.

En disoluciones acuosas, el aumento de temperatura disminuye la viscosidad del medio, con lo cual facilita la movilidad de los electrolitos y movilidad iónica, resultando en el aumento del valor de conductividad (Rojas, 2002).

El agua conforme al valor de conductividad tiene la siguiente clasificación:

Tabla 1. Clasificación del agua conforme el valor de Conductividad

Tipo de Agua	Conductividad
Agua ultrapura	$0.055 \mu\text{S/cm}$
Agua destilada	$0.5 \mu\text{S/cm}$
Agua de montaña	$1.0 \mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	$500 \text{ a } 800 \mu\text{S/cm}$
Max. Para agua potable	1055 mS/cm
Agua de mar	55 mS/cm
Agua salobre	100 mS/cm

Fuente: Rojas, 2002

En disoluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional al contenido de sólidos disueltos totales (SDT); es decir que entre mayor sea el valor de



conductividad, mayor será la concentración de SDT logrando muy buenas aproximaciones con la siguiente igualdad (Reitec, 1997):

$$1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

1.1.6 Calidad del Agua

Se entiende por calidad del agua a las condiciones en que se encuentra esta respecto a características físicas, químicas y biológicas, en estado natural o tras ser alteradas por las actividades humanas (Plaza, 2015).

Al hablar de calidad del agua se espera que esta se pueda emplear sin causar daños; pero, este concepto requiere conocer el uso del agua para así poder determinar su calidad para dichos usos.

Según la OMS (2015) el agua está destinada para el consumo humano ,si no presenta un riesgo de enfermedades a los consumidores, es decir; si está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos, de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como: el color, el olor, el sabor o turbiedad.

1.1.7 Parámetros de Control

Debido a que el agua es la sustancia de mayor e importante consumo a nivel mundial, su sistema de tratamiento debe ser evaluado y controlado con regularidad, para garantizar que cumpla con la legislación y que su ingesta no represente un riesgo a la salud (OMS, 2015).



Los parámetros de control a llevarse a cabo en el agua deben estar en concordancia con lo indicado por las normas de calidad, por la autoridad competente y por la capacidad analítica del laboratorio (OMS, 2015).

Las determinaciones analíticas para la vigilancia y control de la calidad del agua pueden ir desde niveles básicos (turbiedad, pH, olor, sabor, etc.), intermedios (dureza total, alcalinidad, cloruros, sulfatos, etc.) hasta los niveles más avanzados (plomo, cadmio, etc.) (OMS, 2015).

1.1.8 PARÁMETROS FÍSICOS DEL AGUA

1.1.8.1 Turbidez

La turbiedad es provocada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etc.) que por su tamaño se hallan suspendidas y reducen la transparencia del agua (Barrenechea, 2009).

A esta medida de la capacidad del agua para dispersar y absorber la luz en línea recta a través de una muestra se conoce como turbidez.

La remoción de turbiedad requiere de procesos como los de coagulación y floculación, también es necesario acondicionadores de pH (Barrenechea, 2009).

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN 2200 (2008) establece como valor máximo 3 NTU expresado en unidades nefelométricas de turbiedad para el caso de agua envasada.



1.1.8.2 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, ya que usualmente influye en la velocidad de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración (Barrenechea, 2009).

1.1.8.3 Color

El color es la impresión ocular resultado de la presencia de materiales de origen vegetal (ácidos húmicos, plancton) y de determinados metales (hierro, manganeso, cobre, cromo) disueltos o en suspensión. El color en sí no descalifica a un agua como potable, pero es un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas (Barrenechea, 2009).

La expresión del color se define en dos términos:

- **Color Verdadero:** Es el color que presenta el agua una vez que se ha eliminado la turbiedad es decir, es el color que presenta el agua después de haber sido filtrada.
- **Color Aparente:** Es el color que presenta el agua cruda o natural originalmente, es decir incluyendo partículas en suspensión y las disueltas

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN 2200 (2008) establece como valor máximo 5 UTC expresado en unidades de color verdadero para el caso de agua envasada.



1.1.8.4 Olor y Sabor

El olor y sabor son parámetros organolépticos determinados de manera subjetiva, es decir que para estos no existe instrumentos de observación o unidades de medida.

El agua pura es inodora, pero de presentarse olor es debido a la presencia de cloro, fenoles, ácido sulfhídrico, etc. El olor también es un indicativo de existencia de sustancias orgánicas derivadas de la actividad de microorganismos (Orellana, 2005).

El agua puede presentar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo. A partir de 300 ppm de Cl^- el agua tiene un sabor salado, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de $\text{SO}_4^{=}$. El CO_2 libre da un gusto picante. Los compuestos orgánicos (fenoles) le dan un olor y sabor desagradables (Orellana, 2005).

La EPA (Environmental Protection Agency) y la OMS recomiendan como criterio que por razones organolépticas el agua potable no debería presentar color u olor alguno, tanto al momento de tomar la muestra (en las fuentes) como a los 10 días en recipiente cerrado y a 20°C.

1.1.8.5 Sólidos totales disueltos (SDT)

La medida de sólidos totales disueltos es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, da una idea de la calidad química. SDT es definido analíticamente como el residuo seco que ha quedado (en mg/L) luego de pasar el agua a través de un filtro y haber evaporado a sequedad (Cardona, 2011).

Los principales aniones inorgánicos disueltos en el agua son carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, fosfatos y nitratos. Los principales cationes son calcio, magnesio, sodio, potasio, amonio, etc (UPTC, 2008).



1.1.9 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA

1.1.9.1 Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH indica la concentración del ion hidronio en una solución (H_3O^+), expresado en moles/litro.

Las aguas con pH menores de 7 son aguas ácidas y favorecen la corrosión de materiales metálicos al contacto, y las que poseen valores de pH mayores de 7 son aguas básicas y dan lugar a incrustaciones.

El pH se ve afectado por la temperatura, ya que éste incide sobre la constante de disociación del agua (K_w) y consecuentemente variará las concentraciones relativas de los iones hidronio e hidroxilo (Fuentes & Massol, 2002).

$$K_w = [H_3O^+][OH^-]$$

El valor de pH tanto para aguas crudas como tratadas debería estar entre 5,0 y 9,0. En este rango es controlable el comportamiento de otros constituyentes del agua (Barrenechea, 2009).

El RTE INEN 055 (2011) indica que el rango de pH para el agua potable a 20 °C debe estar entre 6,5 a 8,5.

1.1.9.2 Dureza

La dureza del agua se debe a la presencia de cationes divalentes disueltos (Sr, Fe, Mn, etc) principalmente sales de Ca^{2+} , Mg^{2+} , por tanto es usual asociar la dureza con contenidos de sales cálcicas y magnésicas. Los aniones también pueden ser una causa de dureza, tales como: sulfatos, cloruros, nitratos, bicarbonatos, etc.

El agua de acuerdo a su dureza se clasifica en los siguientes tipos:



Tabla 2. Clasificación de la Dureza del Agua

Dureza (mg/l CaCO ₃)	Tipos de Agua
0-60	Blanda
61- 120	Moderadamente dura
121- 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente: Organización Mundial de la Salud, 2015

Las aguas duras favorecen la aparición de incrustaciones en equipos y tuberías. Además se conoce que el consumo de aguas duras está ligado a la baja ocurrencia de enfermedades cardiovasculares, aunque por el contrario, ayuda en la formación de cálculos renales y vesiculares (Barrenechea, 2009).

La Norma INEN 2200: 2008 indica como valor máximo de dureza para agua envasada 300 mg/l expresado como CaCO₃.

1.1.9.3 Alcalinidad

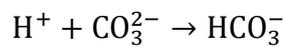
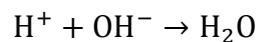
Se define a la alcalinidad como la capacidad del agua de neutralizar los ácidos o aceptar protones. La alcalinidad en el agua está comúnmente asociado a la presencia de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), ligados a los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} (Fuentes, 2002).

Para aguas naturales, la alcalinidad se presenta como un equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico, con una mayor prevalencia de los iones bicarbonato, por esta razón el agua puede tener baja alcalinidad y un pH relativamente alto o viceversa (Barrenechea, 2009).

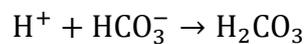


El valor de alcalinidad se determina mediante titulometría en el cual se valora con una solución de ácido fuerte (HCl o H₂SO₄) previamente normalizado. Esta determinación se llevará a cabo en dos fases (Reussel, 1989):

- 1. Fase 1:** Se titula la muestra con indicador de fenolftaleína, cuando el pH baje a 8.3 el indicador pasará de coloración violeta a incoloro. En esta fase se neutralizan los iones hidróxido (OH⁻) y parte de los iones carbonato (CO₃²⁻) contenidos en el agua.



- 2. Fase 2:** Se valora con indicador anaranjado de metilo donde al bajar hasta un pH de 4.4 pasará de coloración anaranjado a rojo. En esta fase están contenidos los iones bicarbonato (HCO₃⁻), parte de los iones carbonato (CO₃²⁻) y dióxido de carbono presentes en el agua.



La medición de la alcalinidad permite determinar el tratamiento químico del agua y así ayudar al control de la corrosión y la incrustación en los sistemas industriales (tuberías, calderos, etc) (Fuentes, 2002).

Tabla 3. Rangos de la Alcalinidad

Rango	Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)
Baja	<75
Media	75- 150
Alta	>150

Fuente: Kevern 1989



1.1.9.4 Hierro

El hierro es un elemento muy abundante en la corteza terrestre y se puede encontrar habitualmente en aguas superficiales y subterráneas. En aguas superficiales el hierro está presente por la disolución de las formaciones geológicas y/o descomposición de materiales orgánicos (OMS, 2015).

En grandes concentraciones provee un olor, sabor y apariencia poco deseables para su consumo, por lo cual se requiere tratamiento (McFarland & Dozier, 2004).

La remoción del hierro en el agua se puede realizar por diversos métodos: Oxidación mediante cloración e Intercambio Iónico.

La OMS (2015) indica como contenido máximo de hierro 0.3 mg/l.

1.1.9.5 Cadmio

El Cadmio está dentro del grupo de los metales pesados, es muy tóxico y su ingesta tiene efectos acumulativos en el tejido del hígado y los riñones.

La contaminación con este metal puede provenir ya sea, de la erosión de depósitos naturales (sulfuros, carbonatos, asociados al plomo, cinc, etc.), de efluentes de refineras de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas.

La remoción del cadmio es posible gracias a los procesos de coagulación, donde el pH juega un papel importante. El empleo de sales de aluminio y la regulación del pH, hace posible la remoción de hasta un 90% del cadmio en aguas turbias. El sulfato de hierro puede remover hasta un 90% de cadmio a pH 7,5 (Barrenechea, 2009).



La frecuencia de muestreo para el control de cadmio en aguas superficiales debe ser 1 muestra por año, y para aguas subterráneas 1 muestra cada dos años (Barrenechea, 2009).

El reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055:2011 establece como límite máximo 0.003 mg/l de cadmio.

1.1.9.6 Nitritos y Nitratos

Tanto nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) juegan un papel importante en el desarrollo de los animales y plantas acuáticas. Estos pueden provenir de la disolución de rocas y minerales; en aguas naturales generalmente no se presentan en valores mayores a 1mg/l (Barrenechea, 2009).

La presencia de nitritos y nitratos en el agua también puede ser un indicador de contaminación con efluentes industriales y aguas residuales, que llevarán nitrógeno en forma de amoníaco y mediante la oxidación (nitritación y nitrificación) se ira transformando en nitritos y nitratos. Además la contaminación puede tener un origen agrícola, debido al empleo de abonos y fertilizantes que al lavarse en la tierra llevan estos compuestos hacia los cuerpos de agua (Barrenechea, 2009).

La oxidación biológica de NH_4^+ a NO_3^- ocurre en dos etapas dentro las cuáles actúan géneros de bacterias autotróficas (Miliarium, 2004).

El Reglamento técnico Ecuatoriano RTE INEN 055: 2011 indica como límite máximo permitido en el agua envasada un valor de 0.1 mg/l para nitritos y 50 mg/l para el caso de nitratos.



1.1.9.7 Sulfatos

Los sulfatos son un compuesto habitual en aguas superficiales siendo la gran mayoría solubles en el agua y por lo general en ellas no están en niveles que puedan afectar su calidad (Barrenechea, 2009).

Un alto contenido de sulfatos, principalmente de Ca^{2+} , Mg^{2+} contribuyen a la dureza del agua y le confiere propiedades corrosivas. Además un elevado contenido proporciona sabor al agua y un efecto laxante esencialmente gracias al magnesio. La remoción de sulfatos es muy costosa por tanto es aconsejable elegir fuentes naturales con bajos niveles de sulfatos (Barrenechea, 2009).

La OMS recomienda, que en aguas destinadas al consumo humano la concentración de sulfatos no exceda el valor de 250 mg/l.

1.1.10 PARÁMETRO MICROBIOLÓGICOS

El agua es un importante vehículo en la transmisión de microorganismos patógenos como: bacterias, virus, protozoos y otros organismos capaces de transmitir enfermedades como el cólera, gastroenteritis, etc (Adler, 2014).

Dichos microorganismos llegan al agua por medio de las heces y demás restos orgánicos producidos por animales y personas, por esta razón un buen medio para evaluar la calidad de las aguas es a través de la medición del número de bacterias coliformes presentes en ella (Adler, 2014).

Los parámetros microbiológicos más comunes son:

- Coliformes totales
- Coliformes Fecales



- Aerobios mesófilos.

1.1.10.1 Coliformes Totales

Las bacterias coliformes totales son las que se determinan con mayor frecuencia en los análisis. Este grupo comprende todas aquellas bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan lactosa con formación de gases antes de 48 horas a 35 °C.

El grupo de coliformes se compone de *Escherichia coli* (*E. coli*), *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* y bacterias afines. (Camacho, Ortegón, Serrano & Velázquez, 2009).

1.1.10.2 Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo dentro de los coliformes totales. Estos se encuentran en los intestinos y excremento de humanos y animales. La presencia de estos indica que el agua se encuentra contaminada con desechos de alcantarillas y excrementos por tanto existe el potencial riesgo de causar enfermedades (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009).

Entre los CF el más importante y que se halla en grandes cantidades es la *E. Coli*. Este tipo de bacteria puede causar enfermedades e infecciones.

1.1.10.3 Aerobios Mesófilos

Las Bacterias aerobias mesófilas indican la exposición de la muestra a una contaminación en general, la existencia de condiciones favorables para la multiplicación de microorganismos y la presencia de materia orgánica. La determinación de bacterias mesófilas aerobias es un análisis rutinario en la evaluación de la calidad del agua (División de Salud Pública de Carolina del Norte, 2009).



1.1.11 PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Al proceso de tratamiento de agua común en aguas potables se le denomina potabilización del agua. Este proceso de remoción de impurezas consiste principalmente en la eliminación de compuestos volátiles, precipitación de impurezas con floculantes, filtración y desinfección mediante adición de cloro u ozono (Organización Panamericana de la Salud, 2015).

1.1.11.1 Remoción de Impurezas en el Agua

Dependiendo del tipo de contaminantes presentes en el agua se puede en función de estos, definir la operación unitaria necesaria para su remoción (Ramirez, 2017).

Tabla 4. Procesos de Tratamiento de Agua Potable

TIPO DE CONTAMINANTE	OPERACIÓN UNITARIA
Sólidos Gruesos	Desbaste
Partículas Coloidales	Coagulación + Floculación+ Decantación
Sólidos en suspensión	Filtración
Materia Orgánica	Filtración con Carbón Activo
Gérmenes Patógenos	Desinfección
Metales no deseados (Fe, Mn)	Precipitación por Oxidación
Sólidos Disuelto (Cl-, Na+, K+)	Osmosis Inversa

Fuente: Calidad y tratamiento del Agua, 2002. American Water Works Association

1.1.11.2 Parámetros de Calidad

De acuerdo a la normativa europea (2000), los tipos de agua vienen definidos por los siguientes parámetros:



Tabla 5. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua

PARÁMETRO	UNIDAD	TIPO A1	TIPO A2	TIPO A3
pH	-	(6.5- 8.5)	(5.5-9)	(5.5- 9)
Color	Escala Pt- Co	20	100	200
Sólidos En suspensión	mg/l	25	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20°C	S/cm	1000	1000	1000
Detergentes	Lauril sulfato	0.2	0.2	0.5
Plaguicidas Totales	mg/l	.001	.0025	.005
DQO	mg/l O ₂	-	-	30
Oxígeno Disuelto	% Saturación	70	50	30
DBO5	mg/l O ₂	3	5	7
Coliformes Totales	100ml	50	5000	50000
Coliformes Fecales	100ml	20	2000	20000

Fuente: European Community environment legislation. Normativa 98/83. Calidad del Agua 2000.

1.1.11.3 Grados de Tratamiento del Agua

Es posible clasificar las aguas superficiales destinadas para el consumo humano, de acuerdo al grado de tratamiento necesario para potabilizarlas, así tenemos (Ramirez, 2017):



Tabla 6. Principales parámetros de clasificación de tipos de agua

GRADO DE TRATAMIENTO	COMPOSICIÓN DEL TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
TIPO A1	Tratamiento físico simple y desinfección	Filtración rápida + Desinfección
TIPO A2	Tratamiento físico simple y desinfección	Precloración + Coagulación / Floculación + Decantación + Filtración + Desinfección
TIPO A3	Tratamiento físico y químico intensivo, afino y desinfección	Cloración al punto de quiebre + Coagulación/Floculación + Decantación + Filtración + Filtración + Afino con carbón activo + Desinfección

Fuente: Pre-Treatment Field Guide: American Water Works Association. 2007.

1.1.12 PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA CRUDA

Para que el agua de una determinada fuente sea potable, ésta debe pasar por una serie de tratamientos de potabilización, en los cuales se eliminan las impurezas y se destruyen los microorganismos y patógenos presentes (Camacho, 2009).

Los procesos de tratamiento pueden ser variados dependiendo del tipo de agua que se tiene. Generalmente se aplica métodos físicos como el cribado, filtración; métodos químicos como la floculación, coagulación, desinfección por adición de cloro, etc (OMS, 2015).

La captación de las aguas superficiales se realiza mediante tomas directas al cuerpo de agua y transportadas por medio de tubos de un material inerte (como el PVC), hasta el lugar donde se ha de realizar el tratamiento (OMS, 2015).



1.1.12.1 Filtración Primaria.

Un proceso inicial en el tratamiento de las aguas crudas es la filtración primaria, la cual por medio de mallas o barreras busca remover la materia flotante de tamaños grandes como: troncos de madera.

Estas mallas o cribas deben ser diseñadas de un material anticorrosivo que evite el desgaste en el tiempo, por la fricción al paso del agua. La abertura entre sus barras depende del propósito que se busque. Generalmente las cribas están ubicada a la entrada del cuerpo de agua (Oropeza, 2004).

1.1.12.2 Coagulación- Floculación

La coagulación consiste en la dosificación de sustancias químicas para desestabilizar las partículas suspendidas y el material coloidal (como: arcillas, sílice, hierro, etc.) presentes en el agua superficial (Cárdenas, 2000).

La floculación en cambio, ocurre cuando las partículas se aglomeran, incrementando así su tamaño y formando los denominados flóculos. Estos flóculos a su vez, al adquirir un mayor peso se sedimentan por gravedad. La formación de flóculos ayuda a que la sedimentación ocurra en menor tiempo (Cárdenas, 2000).

Las sales químicas más empleadas en el proceso de coagulación y floculación son en su mayoría sales cargadas positivamente como: sulfato de aluminio, cloruro férrico, sulfato ferroso y férrico, o polielectrolitos (OMS, 2015).

El principal coagulante empleado es el sulfato de aluminio que al disociarse en agua forma iones complejos, polímeros e hidróxido de aluminio insoluble el cual precipita, y al ser absorbido por la partículas coloidales favorece la sedimentación de los mismos (Solís, 2012).



Es importante dosificar apropiadamente el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en el agua no solo para lograr una eficiente coagulación y floculación; sino también para aportar la menor cantidad posible de coagulante (ej: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) en el agua, el cuál a concentraciones superiores de 0.1 mg/l y debido a su facilidad para ser absorbido por el organismo humano tiene potenciales riesgos ligados a enfermedades óseas y Alzheimer (Olivero, 2013).

Parámetros como el pH son críticos al momento de realizar la coagulación y floculación, ya que siempre habrá un intervalo de pH en el que un determinado coagulante trabaje mejor con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante empleado. De manera general a pH mayores de 8.0 disminuye la efectividad de las sales de aluminio (OMS, 2015).

1.1.12.3 Sedimentación

En la sedimentación se disminuye la velocidad del agua a fin de que el material suspendido (flóculos) se asiente fuera de la corriente de agua por gravedad. Las partículas depositadas al fondo del decantador o sedimentador se combinan formando lodos. El agua clarificada resultante sale por un vertedero en los cuales se capta la capa superior del agua con menor turbiedad, hacia la zona de filtración (Ramalho, 2003).

Los lodos depositados al fondo del decantador son removidos manualmente o por retro lavado del mismo.

1.1.12.4 Filtración

El agua clarificada es separada del material en suspensión mediante la filtración a través de sucesivas capas filtrantes que generalmente son de arena. La separación de

los materiales sólidos se produce por retención en el medio filtrante, conteniendo en él las impurezas y remanentes de turbiedad (Romero, 2007).

1.1.12.4.1 Filtración o Afino con Carbón Activo

El agua clarificada puede pasar a través de varios elementos filtrantes, pero la filtración por medio de carbón activo ofrece ciertas ventajas frente a otras (OMS, 2015).

El carbón activo puede estar en dos formas: granular (1.2 a 1.6 mm) y en polvo (0.1 mm de diámetro).

La principal ventaja en la filtración por carbón activo es la de cloración o eliminación de cloro libre residual del agua, aunque también es empleado para el control de olor, sabor, el crecimiento biológico o eliminación de amoníaco.

En la filtración por carbón activo las sustancias quedan retenidas en la superficie del adsorbente. El carbón activo está en forma granular y se sitúa formando un lecho fijo en una columna de tratamiento, a través del cual pasa el agua (Romero, 2007).

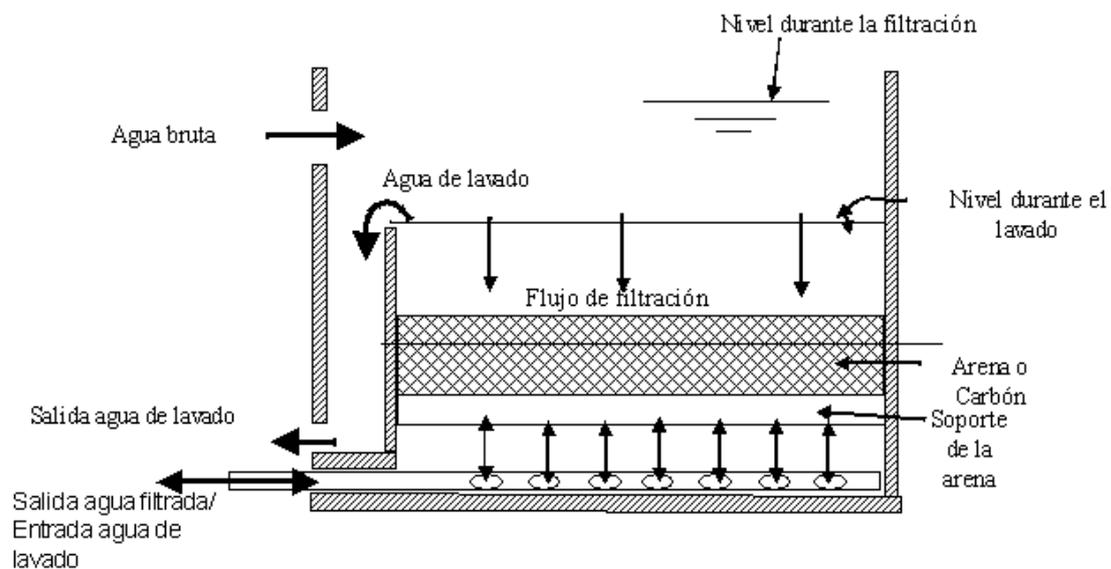


Figura 2. Filtro Convencional de Agua

Fuente: (Romero, 2007)



El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN 2200 (2008) establece como requisito que la concentración de cloro libre residual sea 0 mg/l para el caso de agua envasada y entre 0.3 a 1.5 mg/l en el caso de agua potable.

1.1.12.4.2 Filtración con Resina

Al proceso de ablandamiento con resina se lo conoce también como *Intercambio Iónico*, en donde el medio filtrante es una resina compuesta sustancialmente de iones de sodio (zeolitas sintéticas, polímeros orgánicos como resina de poliestireno). Los iones de sodio se intercambian por iones de calcio y magnesio en el flujo que la atraviesa (OMS, 2015).

Dentro de la potabilización del agua, la filtración con resina es empleada para reducir el contenido de minerales disueltos en el agua, calcio (Ca) y magnesio (Mg) a lo que se conoce como ablandamiento del agua. La dureza del agua filtrada resultante por este procedimiento es casi cero o muy cercano a este (OMS, 2015).

La resina del medio filtrante se debe regenerar periódicamente para mantener una elevada capacidad de intercambio; esto se lo hace con una solución de salmuera, la que remueve el exceso de calcio y magnesio, reinstalando los iones de sodio (OMS, 2015).

Es importante que el agua a pasar por el medio filtrante este relativamente libre de partículas para evitar la colmatación del medio y futuros problemas de operación y rendimiento.

1.1.12.5 Desinfección

1.1.12.5.1 Cloración

Los agentes químicos más empleados en la cloración son: el cloro (gas), hipoclorito de sodio o calcio, dióxido de cloro.

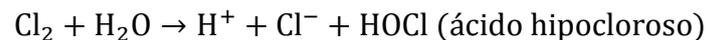


El valor de cloro a dosificar se debe calcular diariamente en mg/l, se debe añadir suficiente cloro para destruir los compuestos nitrogenados, a este proceso se conoce como cloración a punto de quiebre.

El cloro es un agente oxidante muy activo, oxida a sustancias inorgánicas como hierro, manganeso, nitritos, etc, causantes del mal sabor y la corrosión; además tiene una acción bactericida. No obstante favorece la formación de flóculos en el proceso de coagulación y floculación (Romero, 2007).

1.1.12.5.2 Mecanismo de cloración

El cloro en cualquiera de sus formas se hidroliza al contacto con el agua, formando ácido hipocloroso (HOCl) (Universidad de Salamanca, 2014).



El efecto desinfectante lo tiene el ácido hipocloroso, el cual se disocia en iones (H^+) e hipoclorito (OCl^-) lo cual le confiere sus propiedades antioxidantes:



Ambas especies disociadas tienen acción bactericida y microbicida. Las dos moléculas están presentes a pH entre 6 a 9 por lo cual es importante el control sobre este parámetro.

1.1.12.5.3 Radiación por Luz Ultravioleta (UV)

Es la radiación que más se utiliza debido a su bajo costo y alta efectividad bactericida, tiene una baja eficacia frente a la turbidez del agua, por lo que los procesos previos de tratamiento deben ser lo más eficiente posible (Orellana, 2005).



1.1.12.5.4 Ozonización

El ozono es un oxidante muy fuerte, no solo reduce la presencia de contaminación química si no que tiene una efectiva acción bactericida ya que descontamina y purifica el agua en pocos segundos. Además el ozono se convierte en Oxígeno por lo que no deja residuos químicos (Ozono, 2011).

Entre las ventajas más importantes del ozono se encuentran: eliminación de olores desagradables, oxidación de materia orgánica, destrucción de patógenos (OMS, 2015).



2. CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOLOGÍA

2.1. Metodología de Trabajo

El estudio de investigación fue de carácter descriptivo e interpretativo, donde se valoraron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda a emplear por la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A.

Para el presente trabajo se emplearon fuentes secundarias documentales, complementadas con visualización fotográfica del trabajo realizado en campo y laboratorio.

Se realizaron muestreos del agua durante los meses de abril a agosto, las medidas de los diferentes parámetros se realizaron in situ y en el laboratorio de la empresa, las determinaciones restantes de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua se las llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de la Calidad de Aguas de la Universidad de Cuenca que funciona en el Campus de Balzay.

2.2. Análisis Estadístico

Los datos son de tipo cuantitativo dentro de dos grupos de evaluación, todo el conjunto se analizó mediante estadística descriptiva: promedios, desviación estándar, máximos y mínimos, mediana, moda, varianza; debido a que se tiene variables de tipo continuo y variables de tipo discreto.

Se emplearon tablas entre valores máximos y mínimos aceptables de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en las muestras obtenidas, así como factores de correlación entre las diferentes variables tanto físicas y microbiológicas contrastando con las de la norma INEN 2200: 2008, INEN 1108: 2014 y el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055: 2004.



2.3. Población de Estudio

Las muestras se tomaron tanto del cuerpo de agua de la vertiente natural San Andrés identificada como AGUA CRUDA 1 y a la entrada de ésta en la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A. transportada hasta el lugar por tubería, identificada como AGUA CRUDA 2.

2.3.1. Ubicación de la Empresa

La empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A. esta situada en la parroquia Hermano Miguel del Cantón Cuenca (latitud: 2.8561 y longitud: -78.9854), Km 3 de la vía a Ochoa León, sector de Patamarca (GAD Municipal de Cuenca, 2017).

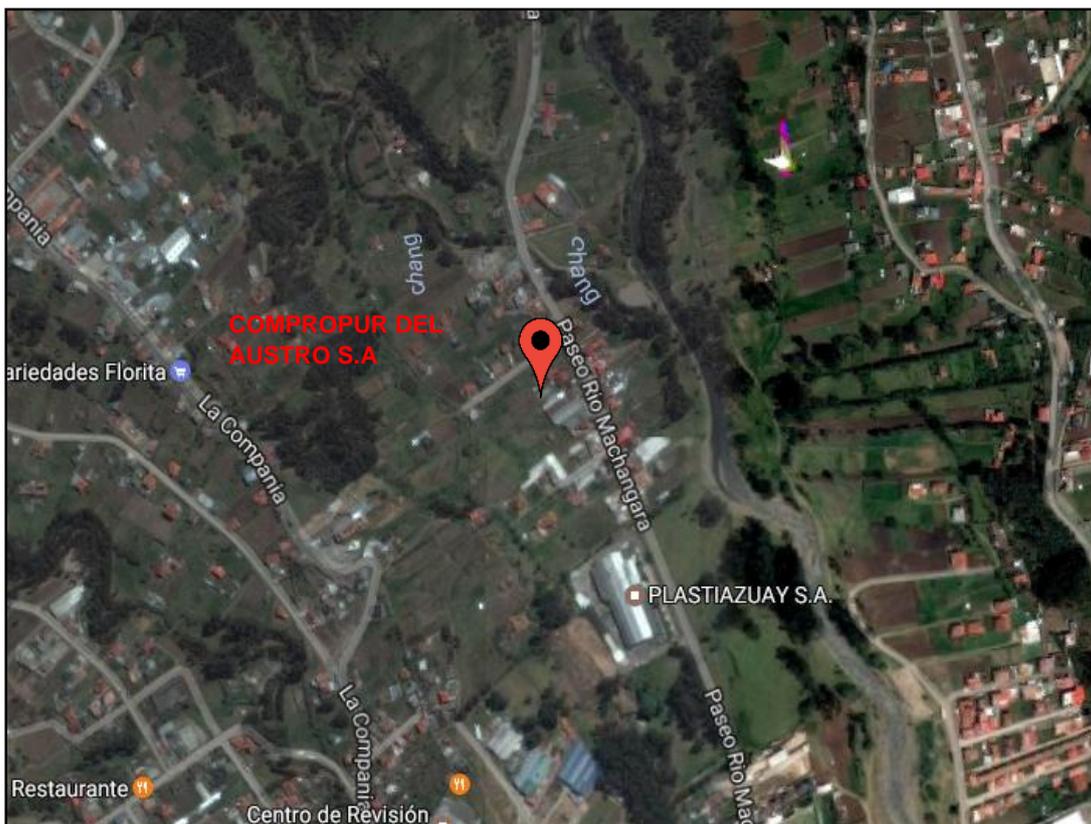


Figura 3. Ubicación de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A

Fuente: (Google Maps, 2017)

2.3.2. Descripción del Terreno

La parroquia Hermano Miguel se ubica sobre un extenso valle al norte de Cuenca. Se caracteriza por un importante número de cuerpos de agua naturales como: quebradas, ríos, lagunas, y vertientes naturales como la de San Andrés (GAD Municipal de Cuenca, 2017).

2.3.3. Información General de la Fuente de Agua

La vertiente natural San Andrés está catalogada dentro del área de conservación del Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca por lo que cualquier actividad realizada en el área de conservación será regulada y controlada. La fuente de agua se encuentra a una distancia de 300m de la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A. (GAD Municipal Cuenca, 2017).



Figura 4. Áreas de conservación de cauces de ríos, quebradas o cualquier curso de agua y lagunas. De color azul se resaltan las zonas de conservación de fuentes de agua en la Parroquia Hermano Miguel.

Fuente: GAD Municipal Cuenca, 2017.

La parroquia Hermano Miguel está libre de actividad minera, lo cual garantiza de cierta manera que el agua proveniente de la vertiente San Andrés no contendrá metales pesados o compuestos provenientes de esta actividad.

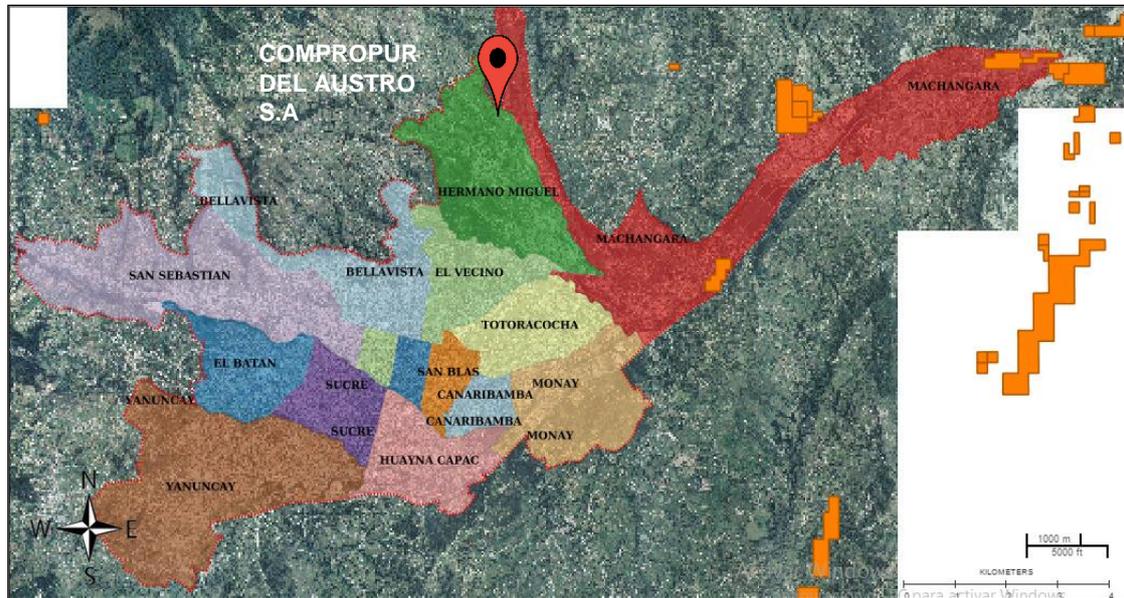


Figura 5. Concesiones mineras y minas existentes en la provincia del Azuay. De color tomate se resaltan las zonas de explotación minera en la provincia del Azuay.

Fuente: GAD Municipal Cuenca, 2017.

2.4. Muestreo

2.4.1. Tamaño de la muestra

Se determinó el tamaño de la muestra por medio de la siguiente fórmula estadística para el cálculo de la población:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Fuente: Castellanos, 2011.

Donde:

- n= tamaño de la muestra



- Z = nivel de confianza (para 95% es 1.96)
- p = Variabilidad positiva (50%= 0.05)
- q = Variabilidad negativa (50%= 0.05)
- N = tamaño de la población (180)
- e = precisión o error máximo. ($e=0.05$)

Como resultado se obtuvo un total de 64 muestras a tomar en el plazo de 16 semanas, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: 32 muestras de agua cruda a la entrada de la empresa y 32 muestras en el cuerpo de la vertiente natural de agua.

Los muestreos se llevaron a cabo los días lunes y miércoles de cada semana, dejando un margen prudencial de tiempo entre muestreos para realizar el análisis de los mismos e interpretación de resultados de una manera minuciosa y detallada.

El cronograma de muestreo se detalla en el Anexo 1

2.5. Toma de muestras

Las muestras se tomaron de acuerdo al criterio de recolección, manejo y conservación para aguas como indica la norma NTE INEN 2169: 2013 y NTE INEN 2176:2013.

Procedimiento

- Con ayuda de una tela, se limpió y retiró del conducto de salida cualquier tipo de materia extraña presente. Se dejó correr el agua durante dos minutos a fin de desprender cualquier residuo de la limpieza previa del caño de salida.
- Se llenó por completo la capacidad del envase y se desechó las dos primeras tomas a forma de homogenización



- Se llenó el envase por completo sin dejar cámaras de aire y se tapó en el mismo medio
- Etiquete la muestra con los siguientes datos:

MUESTRA DE AGUA COMPROPUR S.A.	
Muestra Número:	
Fecha:	
Hora:	
Lugar de muestreo:	
Responsable:	

2.5.1. Condiciones del Recolector

Para la recolección de muestras se emplearon guantes de látex, procurando la mayor limpieza en toda la indumentaria (mandil) para prevenir la contaminación de la muestra.

2.5.2. Tipo de Recipiente

Las muestras destinadas para los análisis físicos y químicos se recogieron en envases de PET de 750ml debidamente etiquetados.

Las muestras destinadas al análisis microbiológico se recogieron en frascos plásticos de 150 ml de HDPE, debidamente esterilizados y rotulados.

2.6. Materiales

2.6.1. Materiales de Campo

- Esferos
- Cartilla de notas
- 2 Recipientes de PET de 750 ml



Universidad de Cuenca

- 2 Recipientes estériles de HDPE de 150 ml
- Guantes de látex

2.6.2. Materiales de Laboratorio

- Tubos de ensayo PP cónico graduado, 15 ml
- Tijeras
- Pinzas
- Algodón en bolitas
- Soporte Universal
- Espátula
- Lámpara de alcohol
- Parafilm
- Asas estériles
- Papel absorbente de limpieza
- Gradilla plástica de tubos
- Vasos de precipitación 100ml
- 4 Vasos de precipitación de 600ml
- Pipetas de 1ml y 10ml.
- Succionador para pipeta tipo jeringa.
- Buretas de 25 ml
- Tubos Nessler (200 mm)
- Cajas Petri de laboratorio
- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- Tubos de ensayo con tapón
- Tubos de ensayo Durham de fondo redondo (campana)



2.6.3. Equipos

- Espectrofotómetro DR 2800 con cubetas de análisis cuadrada, de una pulgada, 10ml.
- Agitador magnético ROTAMAG CRV 14 con barra de agitación
- pH- metro digital BOECO BT- 600
- Balanza Analítica BOECO BBL- 31
- pH- metro tipo lápiz WATERPROOF PH- 035
- Colorímetro Orbeco- Hellige 611-A Aqua Tester
- Conductímetro HACH SENSIÓN 5 con electrodo de 1M.
- Turbidímetro HACH Modelo 2100N
- Estufa
- Equipo de Jarras Orbeco Helligue

2.6.4. Reactivos

- DPD Free Chlorine Reagent HACH
- NitriVer 3 HACH
- SulfaVer 4 HACH
- NitraVer 5 HACH
- FerroVer Iron Reagent HACH
- Buffer Citrato para metales Pesados HACH
- DhitiVer metales HACH
- Hidroxido de sodio al 50%
- Cloroformo C.A.
- Cianuro de potasio (125g)
- Ácido Clorhídrico 0.01 N



Universidad de Cuenca

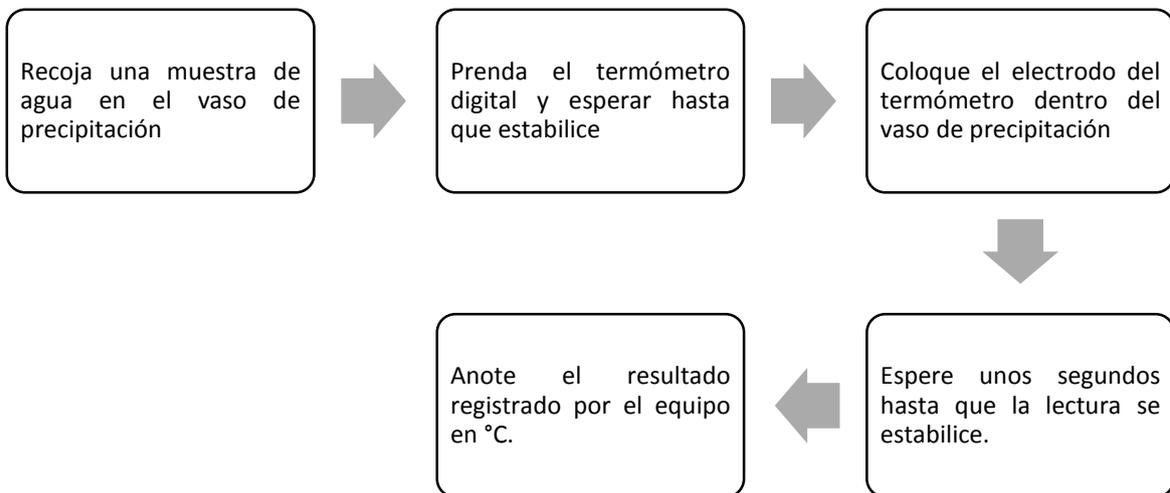
- EDTA 0.01N
- Hidróxido de Amonio
- Negro de eriocromo T (NET)
- Naranja de metilo
- Medio de caldo de Lauril Triptosa
- Medio de caldo de Verde Billante
- Reactivo de Ehrlich
- Solución de Sulfato de Aluminio
- Solución de Polímero Polielectrolito PRAESTOL 650 RT.

2.7. ANÁLISIS FÍSICO

2.7.1. Temperatura

Se determinó in situ mediante el empleo de un termómetro digital.

Procedimiento:



2.7.2. Turbidez

Fundamento: El principio de medición se basa en un proceso combinado de absorción de luz dispersa infrarroja. Para hacerlo, la lámpara del turbidímetro consta de

un filamento de tungsteno la cual emite luz que pasa por una serie de lentes y enfoca un haz de luz en dirección a la celda de la muestra. Un detector de luz ubicado a 90° capta la dispersión de luz proveniente de la muestra mientras una serie de detectores localizan la luz dispersada hacia adelante y la luz transmitida. El microprocesador del equipo relaciona y calcula todas las señales provenientes de los detectores dando un valor de turbidez (HACH).

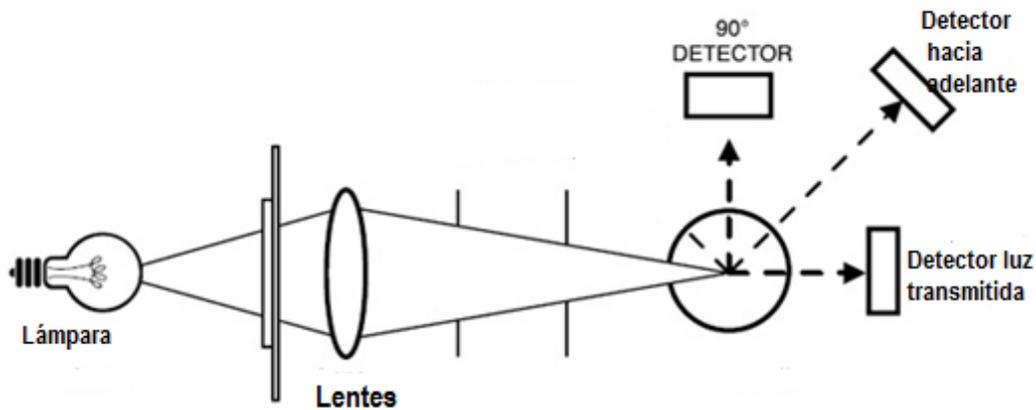
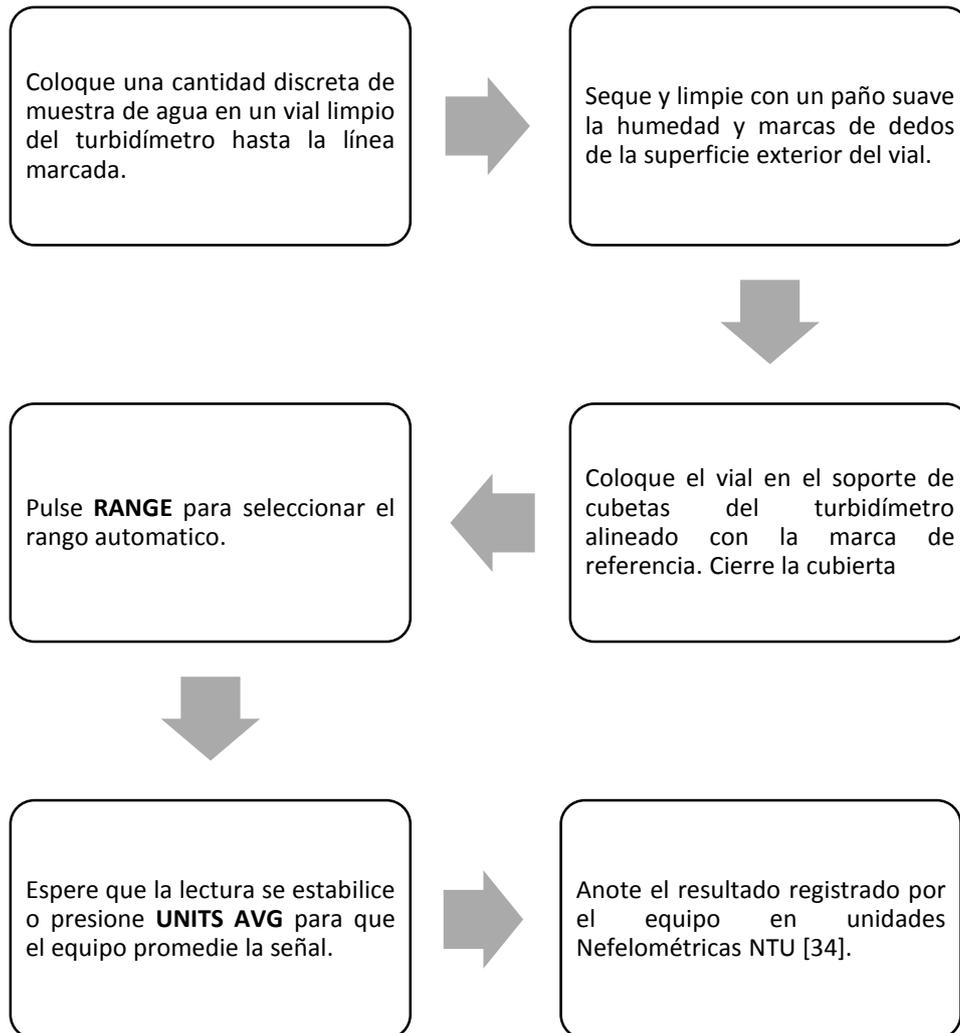


Figura 6. Diagrama de funcionamiento de un turbidímetro HACH modelo 2100N

Fuente: (HACH, 2002).



Procedimiento:

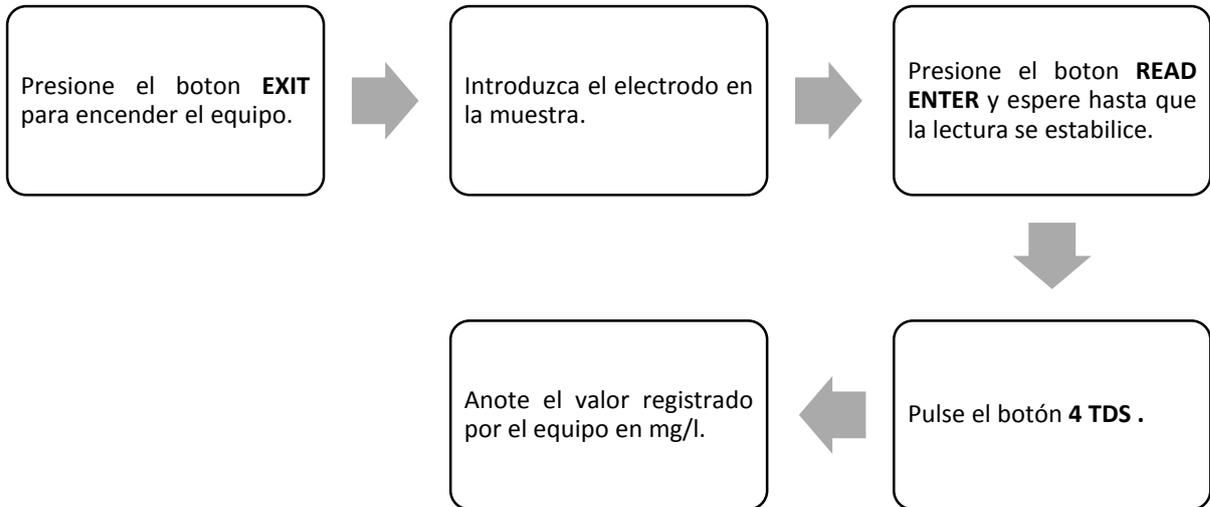


2.7.3. Sólidos disueltos totales (SDT)

Fundamento: La lectura de SDT se efectuó en un Conductímetro HACH SENSIÓN 5 con una sonda de conectividad de 4 polos de grafito, el cual corregirá automáticamente la medición con la temperatura usando el coeficiente de temperatura no lineal predeterminado basado en el NaCl con una precisión de $\pm 0,5\%$ de la lectura (HACH).



Procedimiento:

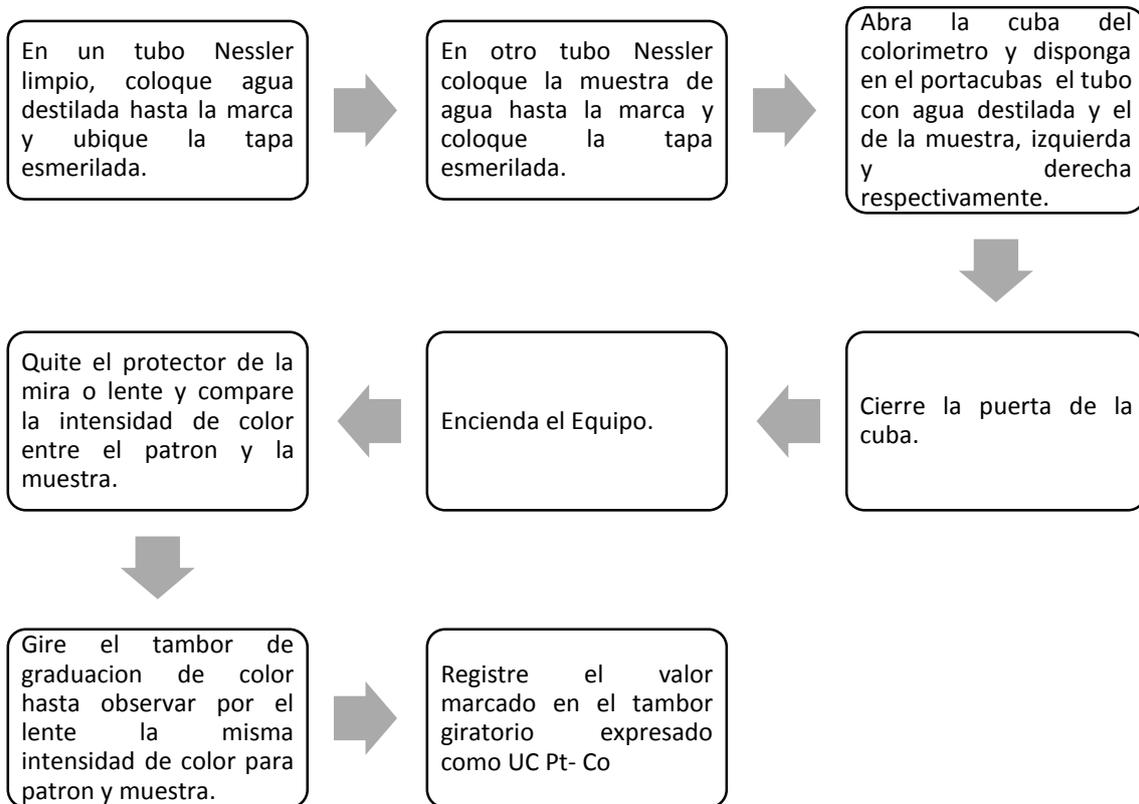


2.7.4. Color

Fundamento: El Colorímetro Orbeco- Hellige 611-A Aqua Tester, emplea un tambor giratorio calibrado con escala de colores correspondientes a concentraciones patron de platino en forma de cloroplatinato. El método depende de la apreciación visual del color de la muestra por el analista en comparación con la escala estandarizada en el tambor giratorio (Tripod, 2014).



Procedimiento:



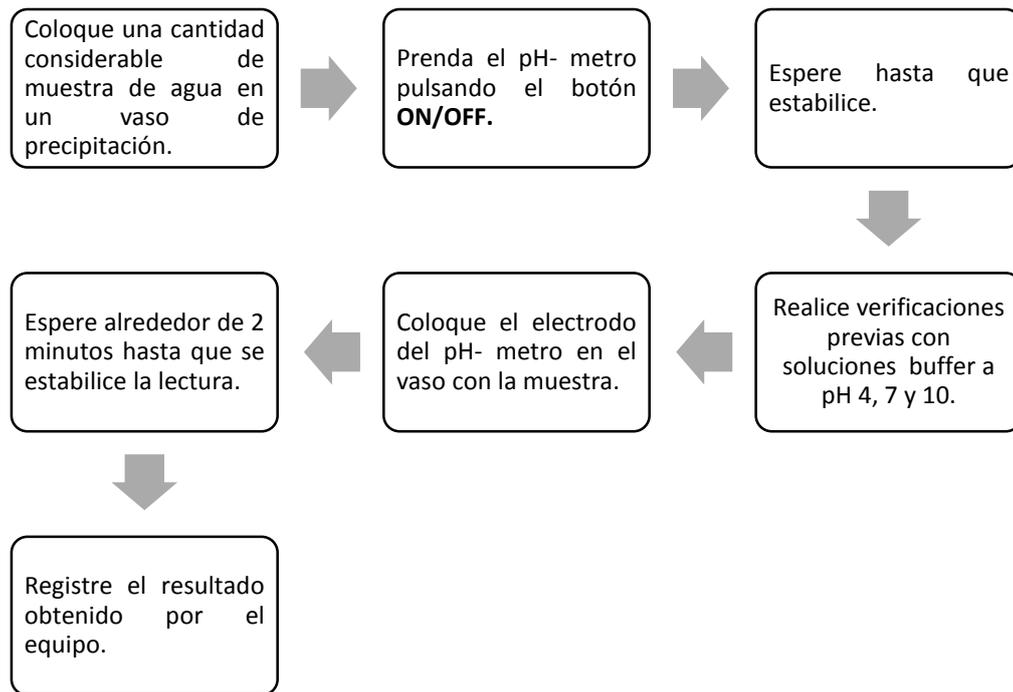
2.8. ANÁLISIS QUÍMICO

2.8.1. Potencial Hidrógeno (pH)

Fundamento: El valor de pH de las muestras se midió en un potenciómetro BOECO BT- 600 con un electrodo básico de membrana de vidrio (silicato), diafragma de platino y electrolito líquido (solución de ácido clorhídrico 0.1M saturada con cloruro de plata); el cual mide el potencial que se desarrolla a través de la membrana que separa a las dos soluciones con diferente concentración de hidrógeno, que a su vez dan paso a los milivoltios generados hacia el circuito de medición (BOECO).



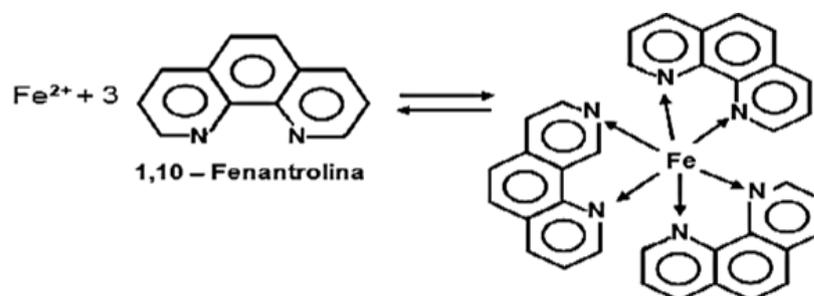
Procedimiento:



2.8.2. Determinación de Hierro

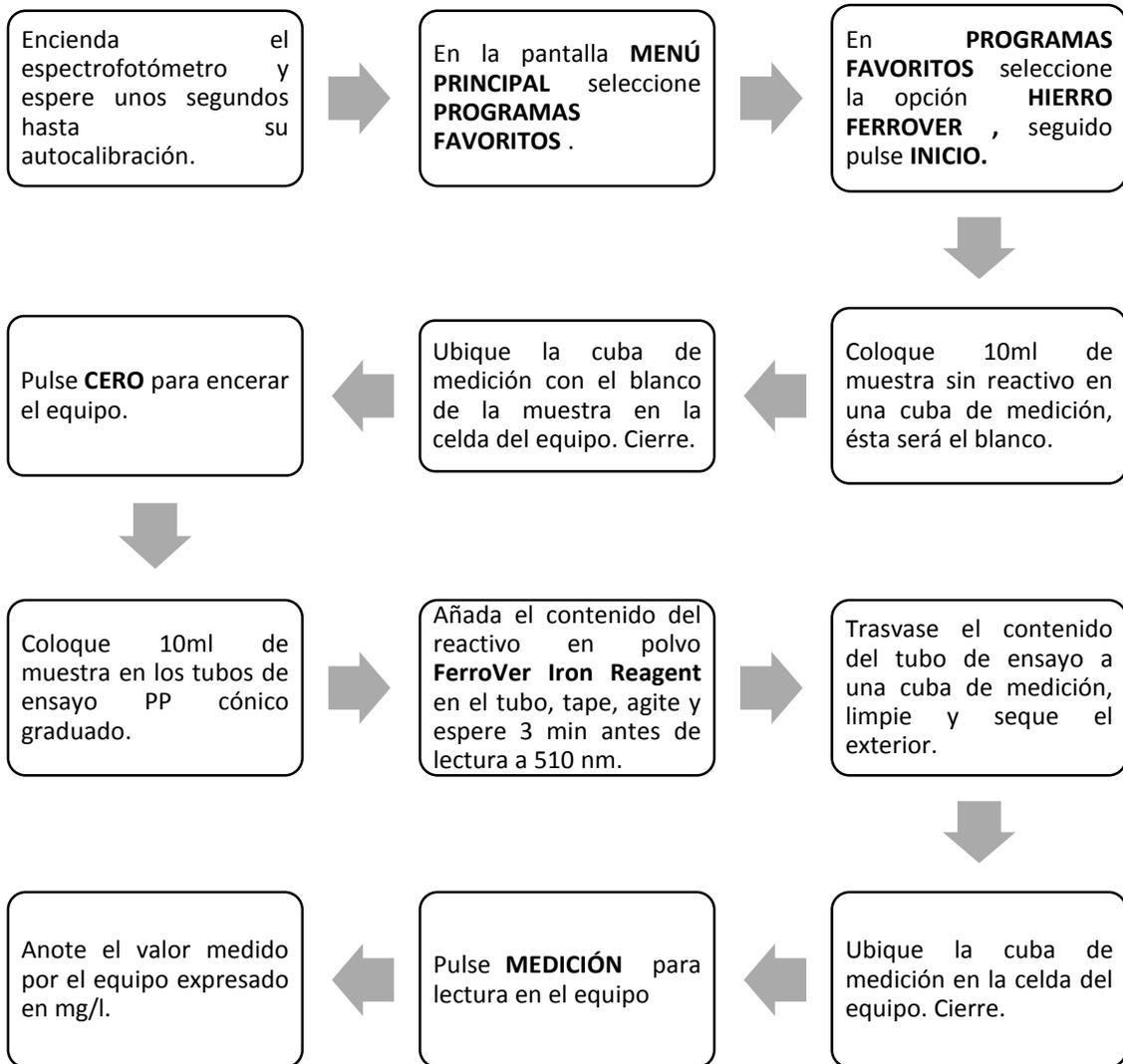
Fundamento: El reactivo FerroVer reacciona con el hierro disuelto y la mayoría de las formas disueltas insolubles presentes en la muestra para producir hierro ferroso soluble. El hierro ferroso soluble reacciona con la fenantrolina 1, 10 en el reactivo lo que genera una tonalidad de color naranja, proporcional al contenido de hierro (HACH).

Reacción química:





Procedimiento:

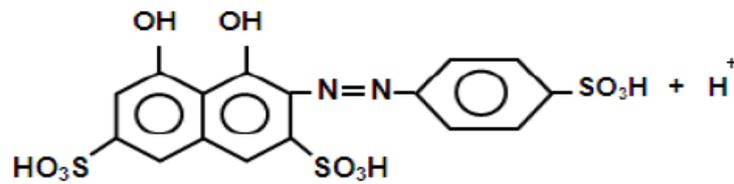
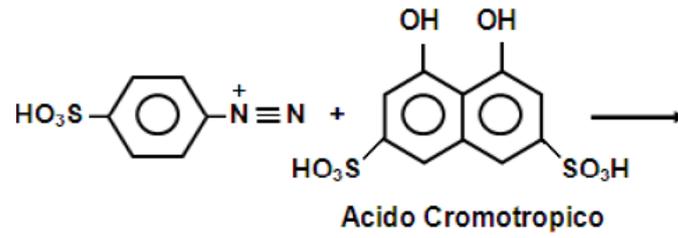
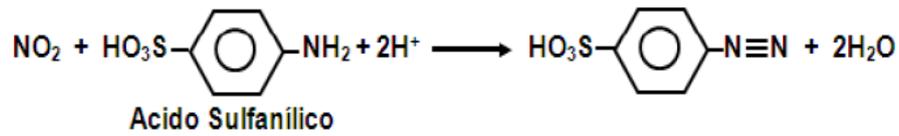




2.8.3. Determinación de Nitritos

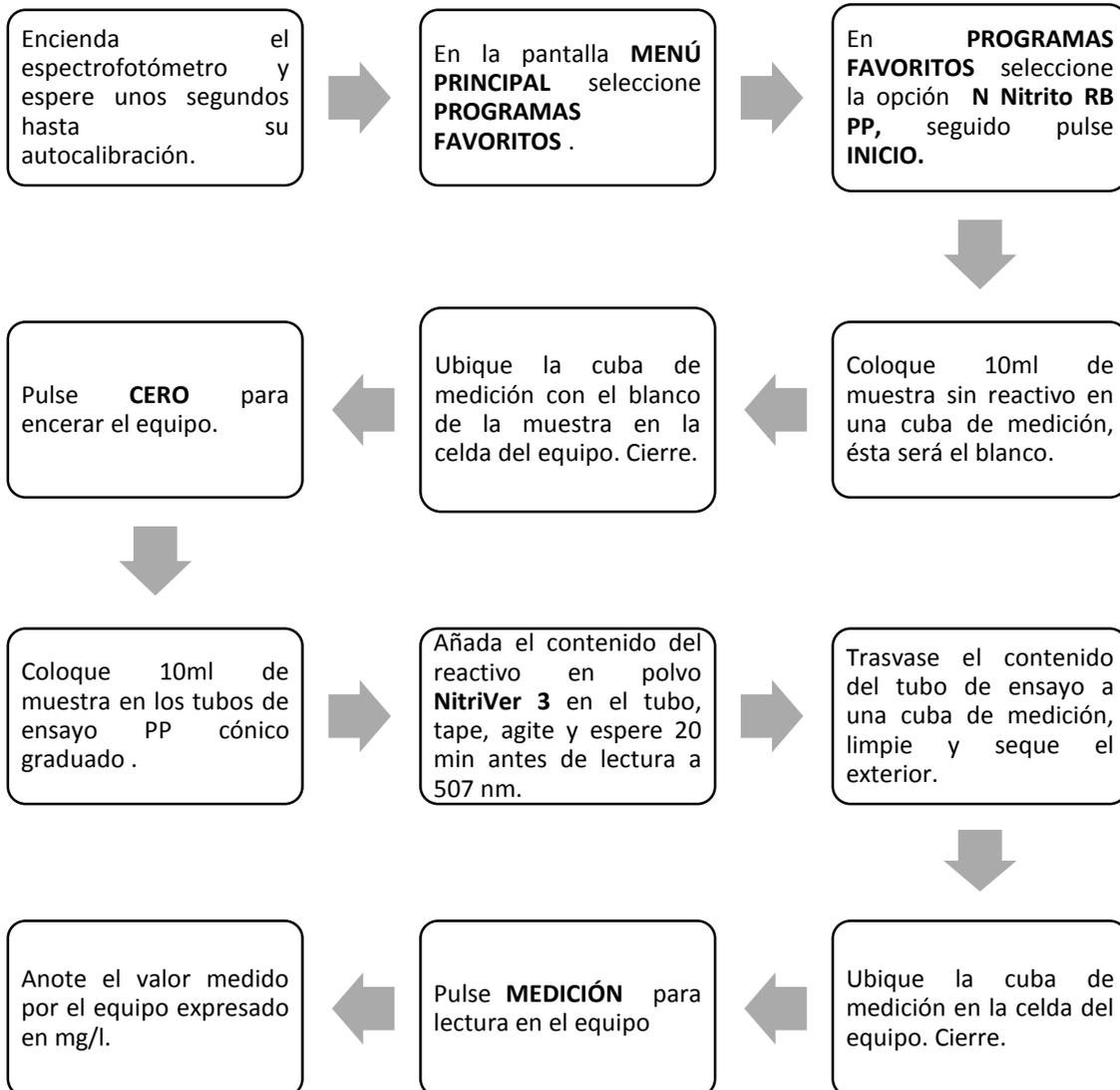
Fundamento: El nitrito de la muestra reacciona con el ácido sulfanílico para formar sal de diazonio que reacciona con el ácido cromotrópico produciendo un complejo color rosa, el cual es proporcional al contenido de nitrito presente en la muestra (HACH, 2002).

Reacción química:





Procedimiento:

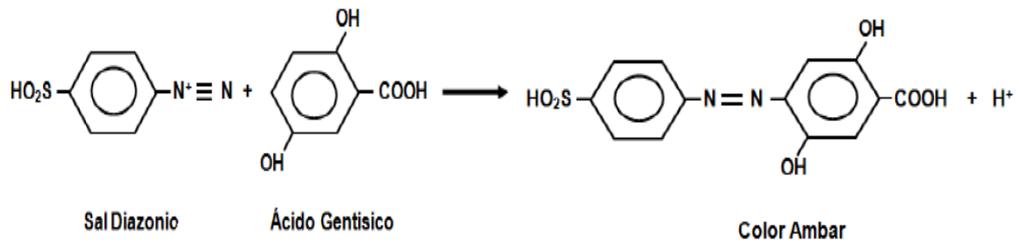


2.8.4. Determinación de Nitratos

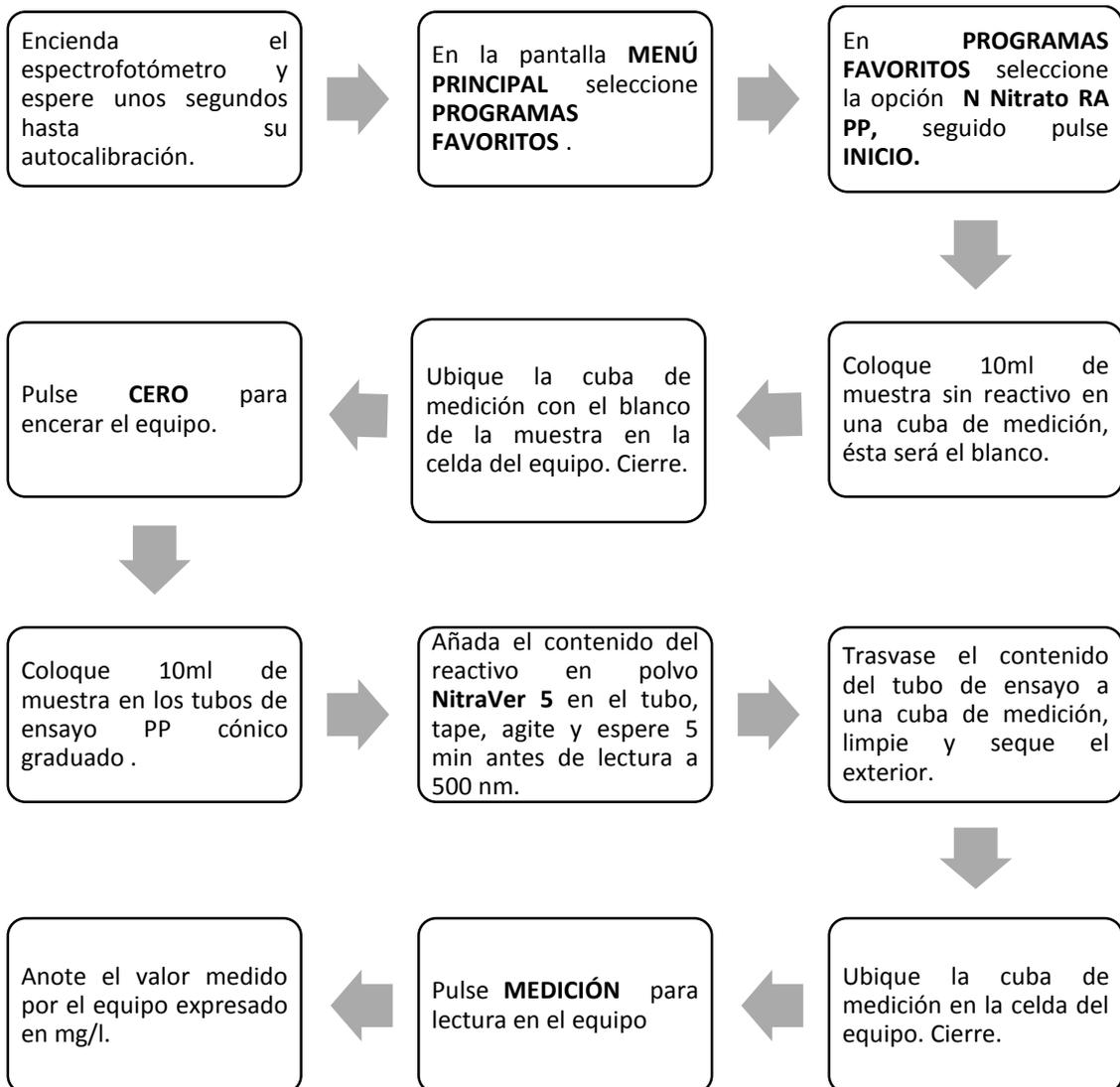
Fundamento: El cadmio metálico reduce a nitrito el nitrato presente en la muestra. El ión nitrito reacciona en medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal de diazonio intermedia. Esta sal reacciona con el ácido gentísico dando lugar a una solución de color amarillo ámbar (HACH, 2002).



Reacción química:



Procedimiento:





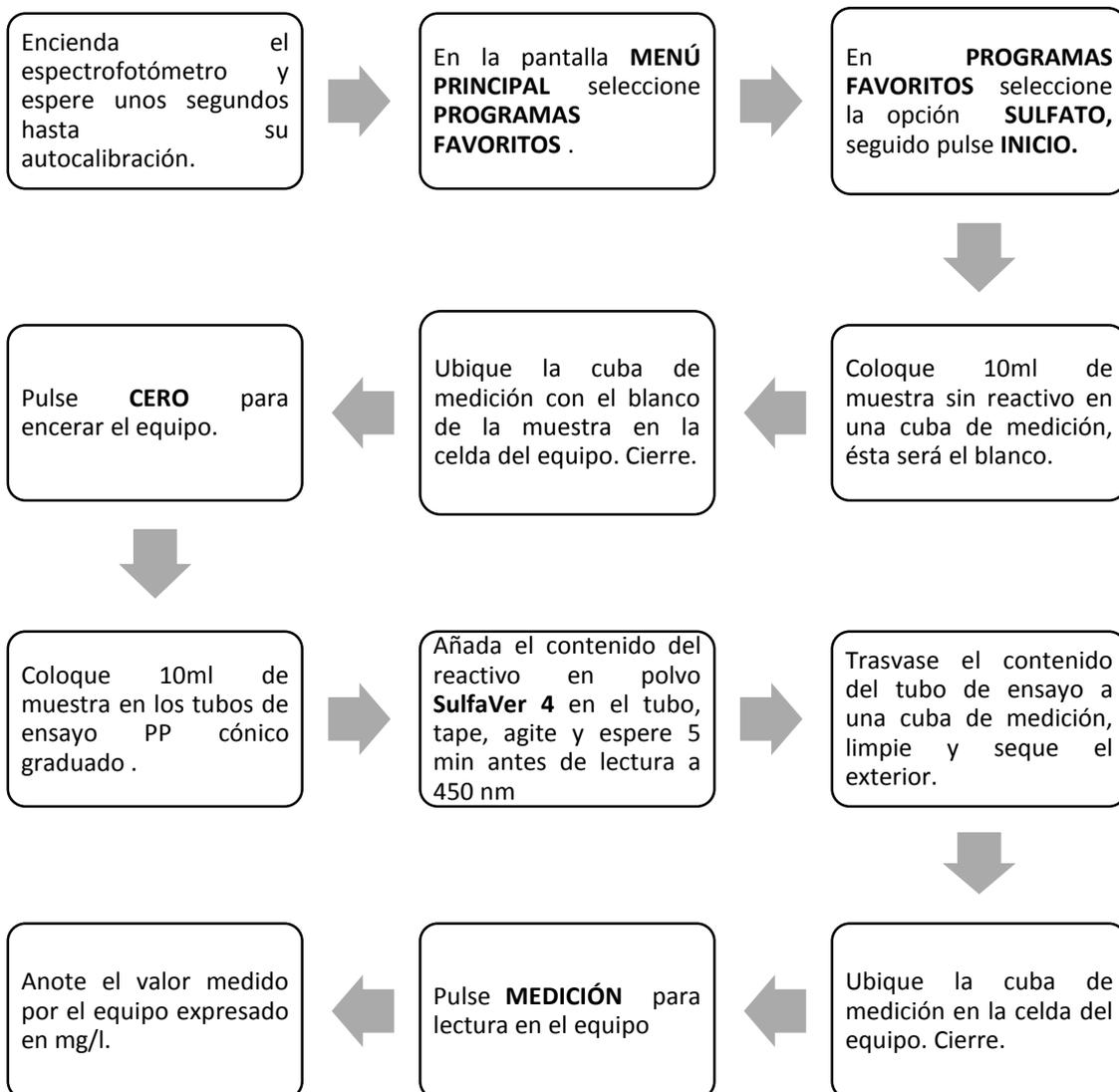
2.8.5. Determinación de Sulfatos

Fundamento: Los iones de sulfato presentes en la muestra reaccionan con el bario del reactivo SulfaVer, para formar sulfato de bario. La medida de turbidez formada en la muestra es proporcional a la concentración de sulfatos (HACH, 2002).

Reacción química:



Procedimiento:

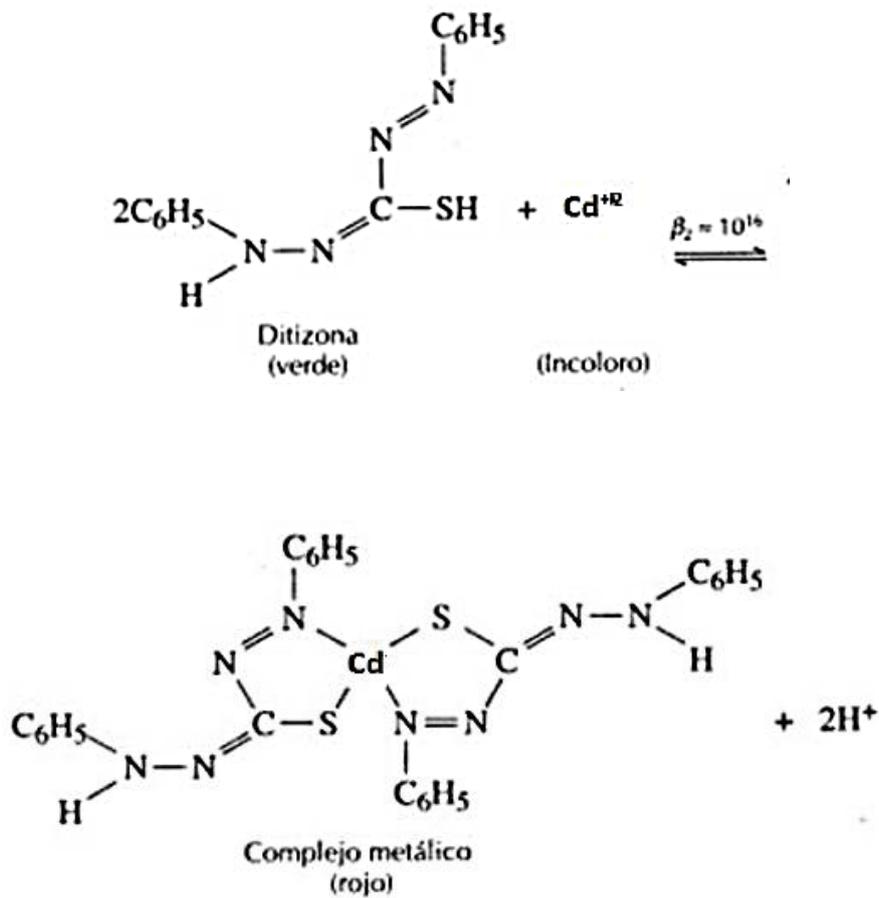




2.8.6. Determinación de Cadmio

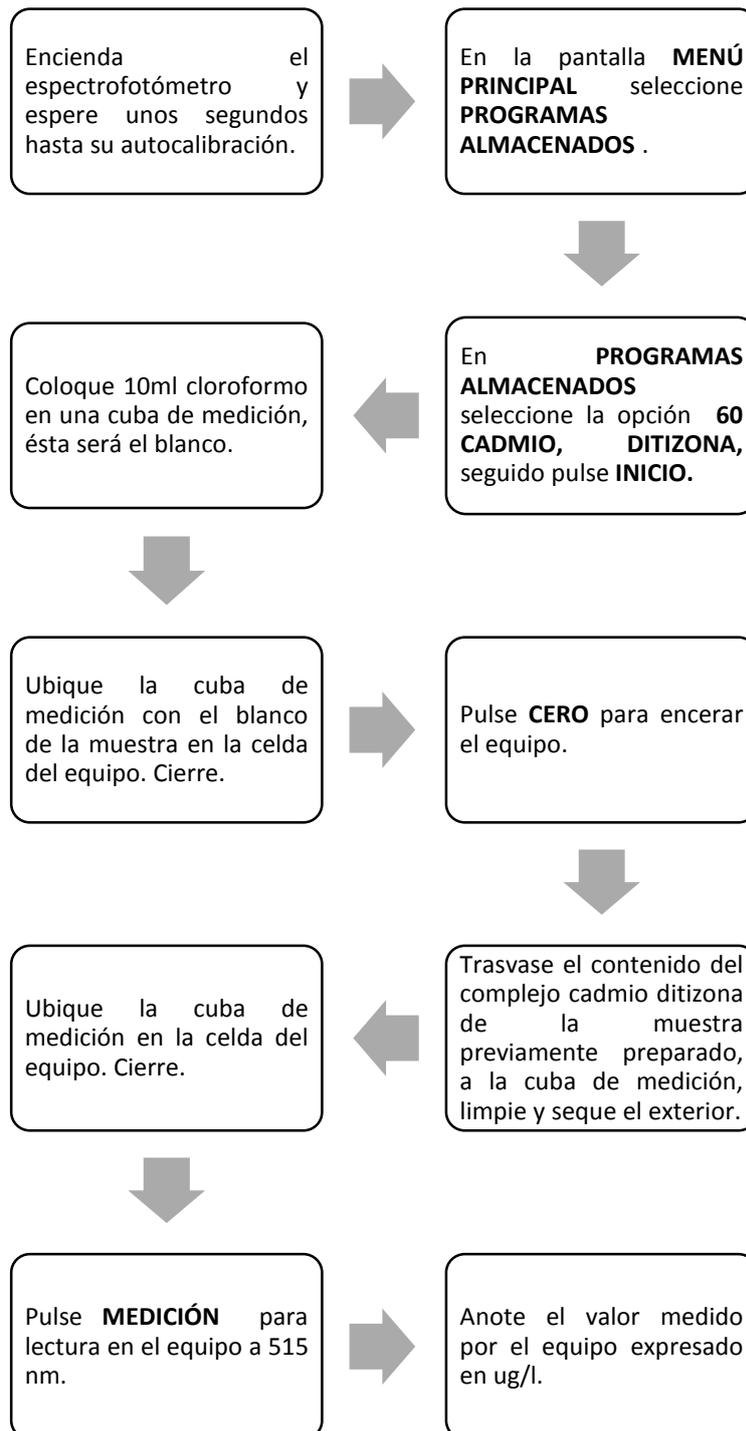
Fundamento: El reactivo DithiVer metales es una forma en polvo de ditizona. Los iones de cadmio de la solución básica reaccionan con la ditizona para formar un complejo cadmio ditizona de coloración rojizo a rosado, que se extrae con cloroformo (HACH, 2002).

Reacción química:



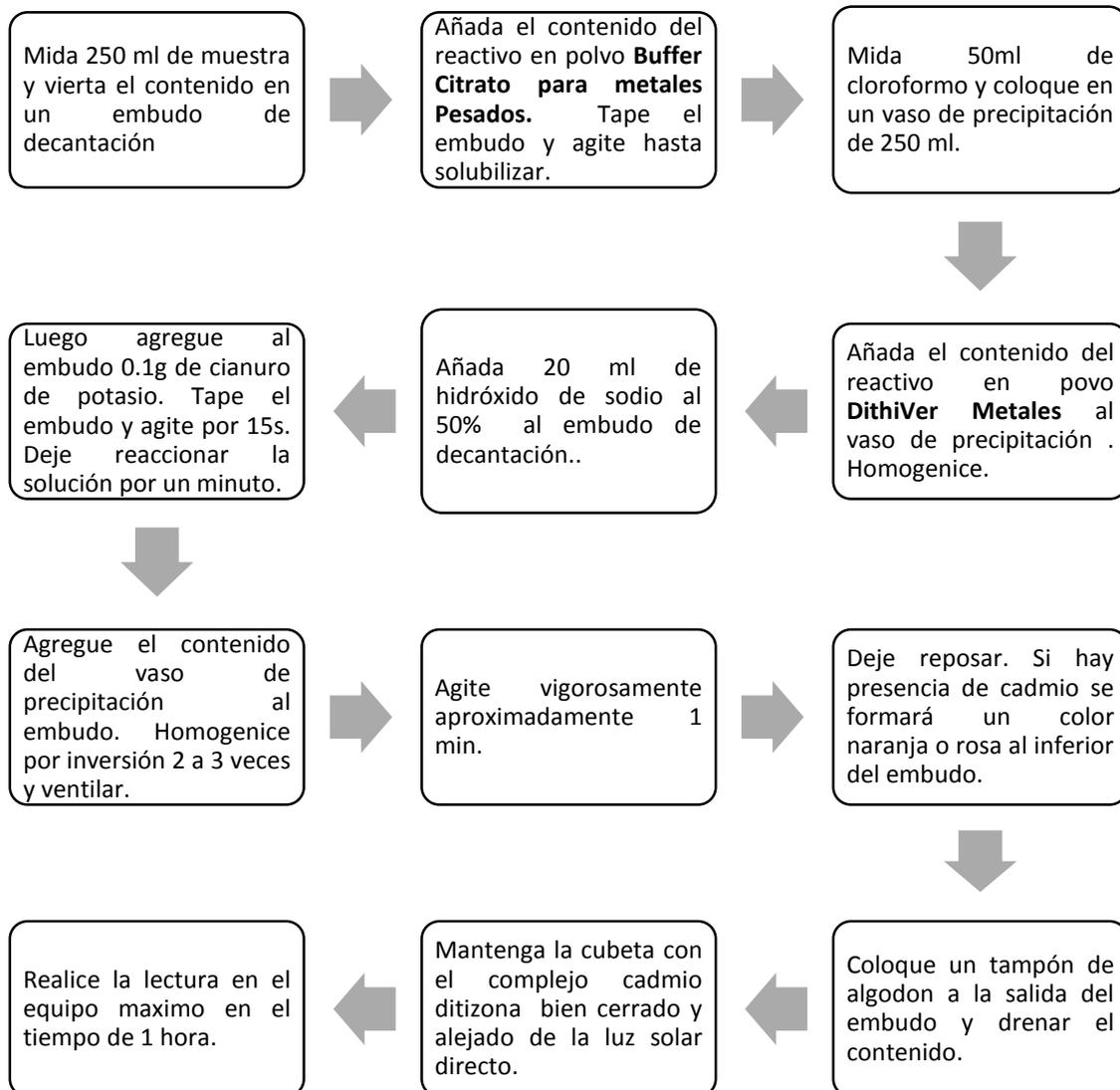


Procedimiento:





2.8.6.1. Preparación del Complejo cadmio- ditizona en la muestra.



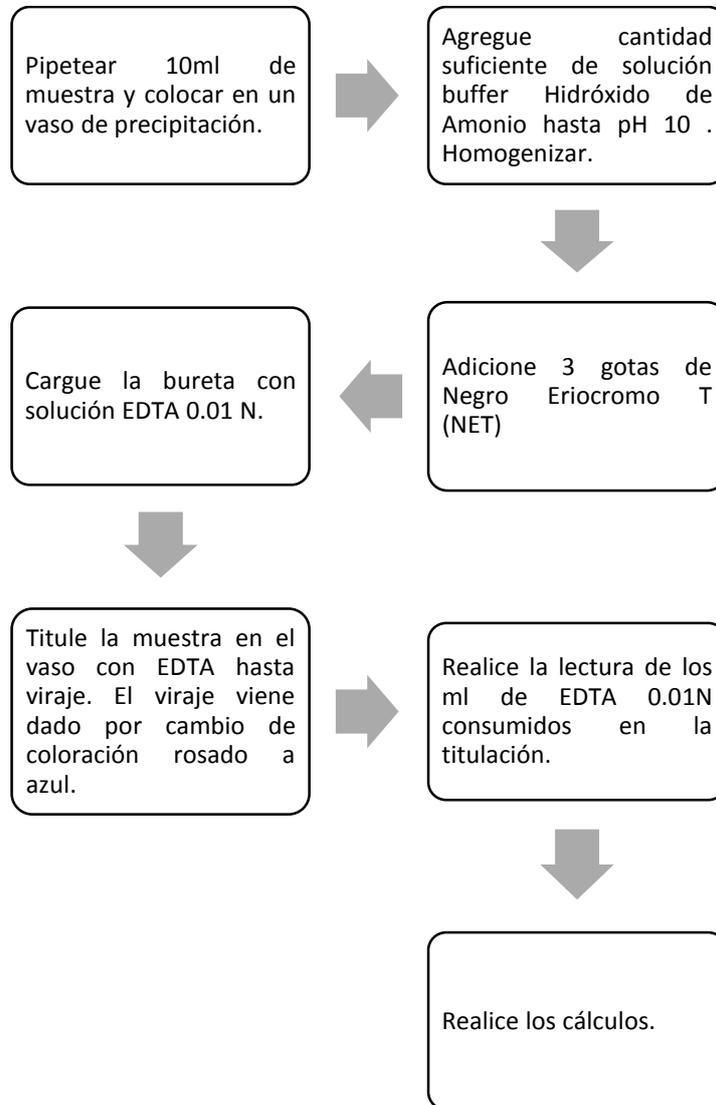
2.8.7. Determinación de Dureza Total

Fundamento: Al titular la muestra con ácido etilen-diaminotetracético (EDTA), éste forma complejos con los iones de Ca y Mg. En la valoración se emplea como indicador negro eriocromo T (NET) el cual en presencia de iones calcio y magnesio es de



un color rojo vino, pero cuando estos forman complejos o están ausentes el indicador toma una coloración azul.

Procedimiento:

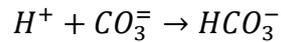


2.8.8. Determinación de Alcalinidad Total

Fundamento: La muestra se valora con ácido clorhídrico 0.01N e indicador anaranjado de metilo. Considerando el valor de pH, parte de los iones carbonato se neutralizan a pH mayor o igual de 4.5. Los iones bicarbonato se neutralizan a pH de 4.5. En la titulación con ácido clorhídrico, el ion hidrógeno va a reaccionar con las diferentes formas de alcalinidad.



Reacción química:



Procedimiento:

Pipetear 10ml de muestra y colocar en un vaso de precipitación.



Agregue 4 gotas de indicador Naranja de Metilo.



Titule la muestra en el vaso con HCl hasta viraje. El viraje viene dado por cambio de coloración amarillo a rosado pálido.



Cargue la bureta con solución de ácido clorhídrico 0.01 N.



Realice la lectura de los ml de ácido clorhídrico 0.01N consumidos en la titulación.



Realice los cálculos.

2.9. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

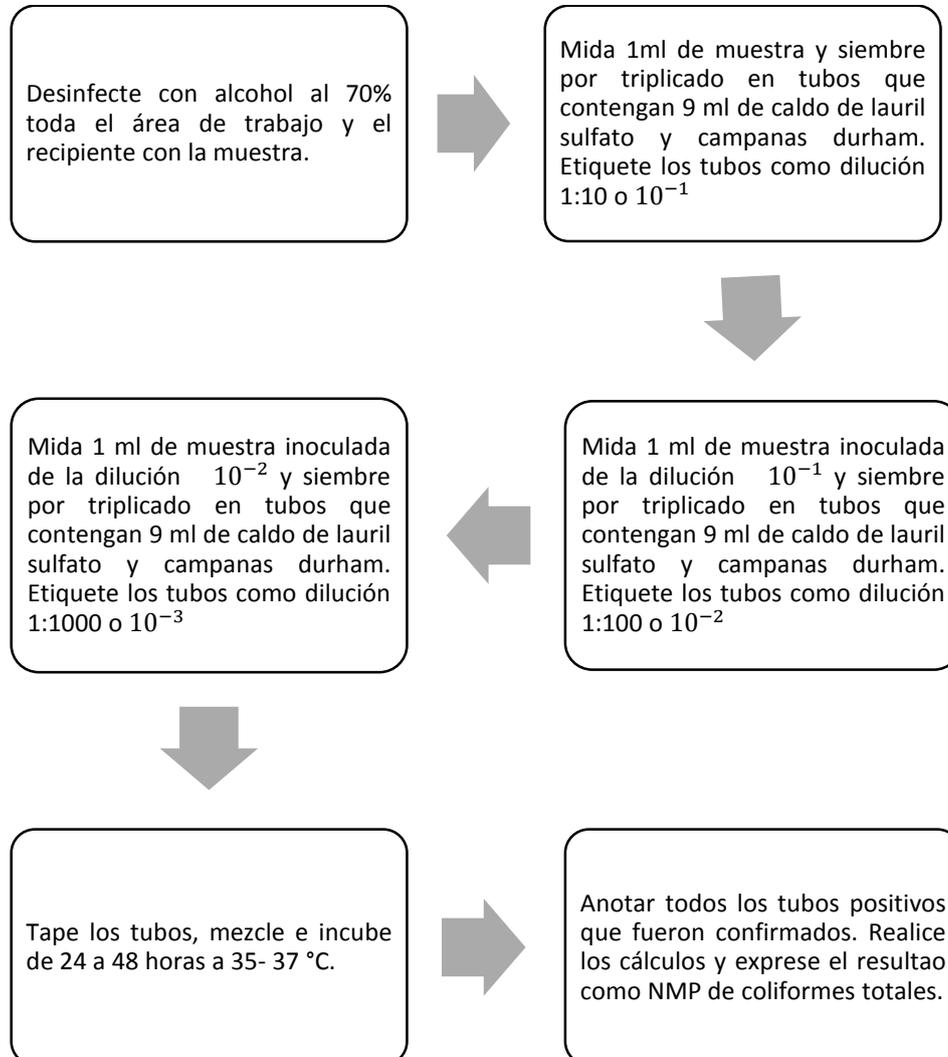
2.9.1. Determinación de Coliformes Totales

Fundamento: La fase presuntiva para la determinación de coliformes totales se realiza por triplicado a diferentes concentraciones de la muestra (soluciones decimales), en un medio de cultivo de Lauril Triptosa o lauril sulfato de sodio. Luego de la incubación a condiciones conocidas de temperatura se observa el cambio en los tubos ya que fermentan la lactosa, produciendo dióxido de carbono en forma de burbujas y cambio en



la tonalidad de color amarillo brillante a pálido del medio de cultivo, esto indica la presencia de coliformes totales en la muestra (Véase Anexo 2).

Procedimiento:



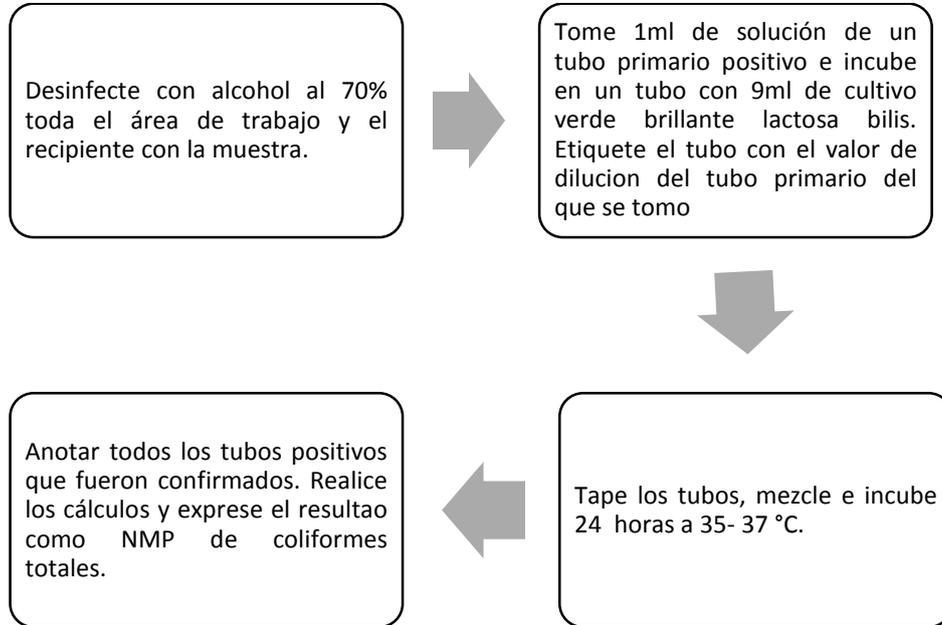
2.9.2. Determinación de Coliformes Fecales

Fundamento: La fase confirmatoria para la determinación de coliformes fecales y *Escherichia coli* se realiza en aquellos tubos primarios que hayan presentado producción de gas o de crecimiento ácido a las 24 h de incubación, en un medio de cultivo de verde brillante lactosa bilis. Luego de la incubación a condiciones conocidas de temperatura se observa el cambio en los tubos. La producción de dióxido de carbono en forma de



burbujas y el cambio en la tonalidad de color verde brillante a amarillo pálido del medio de cultivo indica la presencia de coliformes fecales y *Escherichia coli* en la muestra.

Procedimiento:

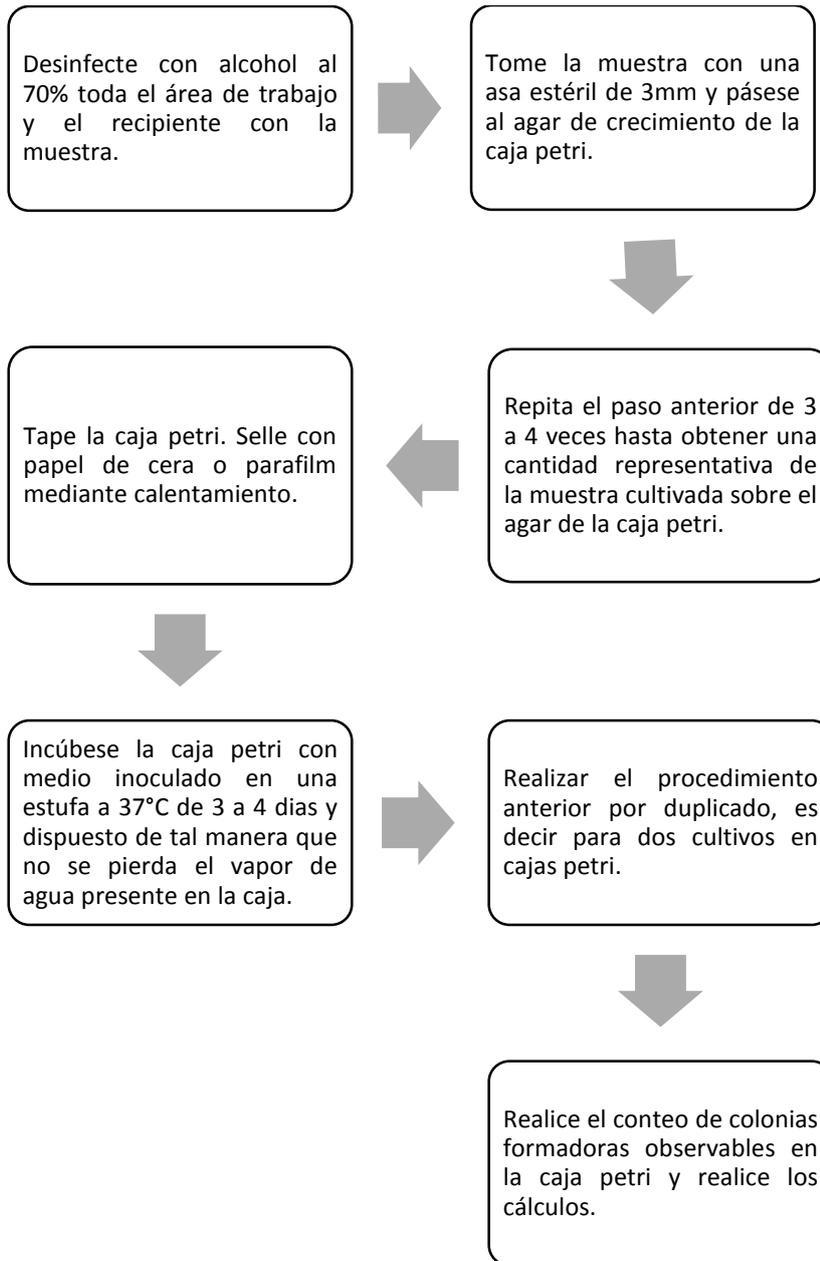


2.9.3. Determinación de Aerobios Mesófilos

Fundamento: La fase confirmatoria para la determinación de aerobios mesófilos se realiza mediante incubación de la muestra en cajas Petri con gel agár y se incuba al menos 72 horas a 37 °C, para una vez trascurrido el tiempo realizar el conteo de colonias y los cálculos respectivos expresados en unidades formadoras de colonia UFC.



Procedimiento:





3. CAPÍTULO III: RESULTADOS

Para efectuar esta parte del estudio se tomaron en cuenta los límites permisibles especificados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN en sus diferentes reglamentos vigentes, así se tuvo como referencia las siguientes reglamentaciones y normativas:

- RTE INEN 055:2011
- NTE INEN 2200:2008

Para los parámetros cuyos límites admisibles no se encontraron en la norma INEN, se empleó los valores admitidos por la Organización Mundial de la Salud OMS para caso de agua de consumo humano.

3.1.Resultados de Temperatura: (Anexo 3)

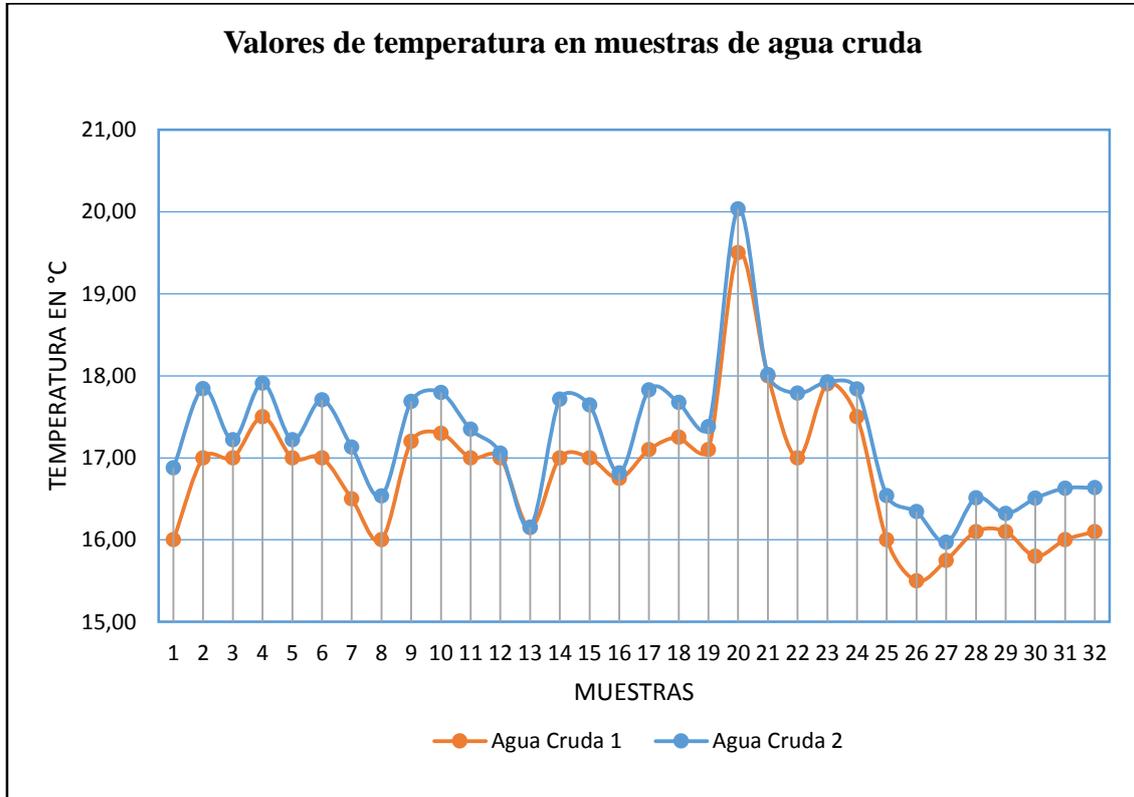
Para la Temperatura se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 7. Cálculos estadísticos de la temperatura

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	16,8156	17,2688
Varianza	0,8501	0,8167
Desviación Estándar	0,9220	0,9037
Coficiente de Variación	0,0548	0,0523
Mediana	17,0000	17,2839
Moda	17,0000	N/A
Xmax	19,5000	20,0340
Xmin	15,5000	15,9686
Rango	4,0000	4,0653

Fuente: El Autor

Gráfico 1. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Temperatura en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.2.Resultados de pH: (Anexo 3)

Para el pH se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 8. Cálculos estadísticos del pH

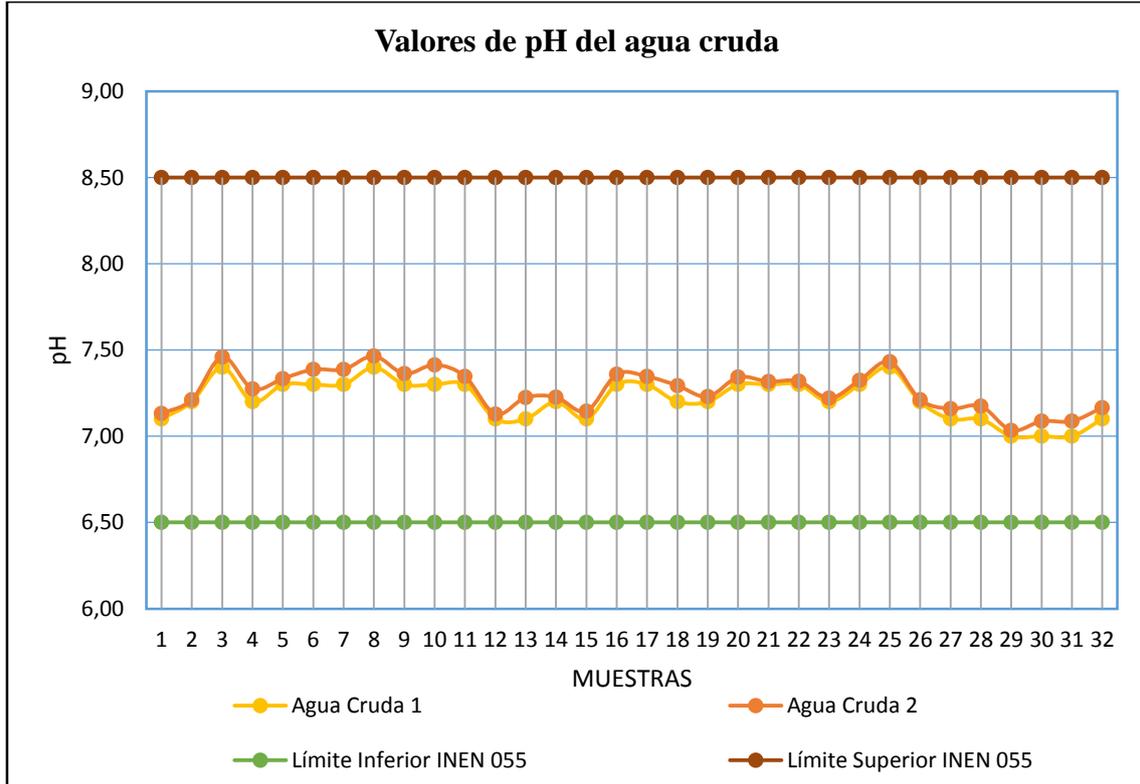
TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	7,2156	7,2691
Varianza	0,0176	0,0098
Desviación Estándar	0,1326	0,0992
Coficiente de Variación	0,0184	0,0137
Mediana	7,2000	7,2846



Moda	7,3000	7,2121
Xmax	7,4000	7,4655
Xmin	7,0000	7,1288
Rango	0,4000	0,3367

Fuente: El Autor

Gráfico 2. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de pH en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.3.Resultados de la Turbidez: (Anexo 3)

Para la turbidez se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 9. Cálculos estadísticos del pH

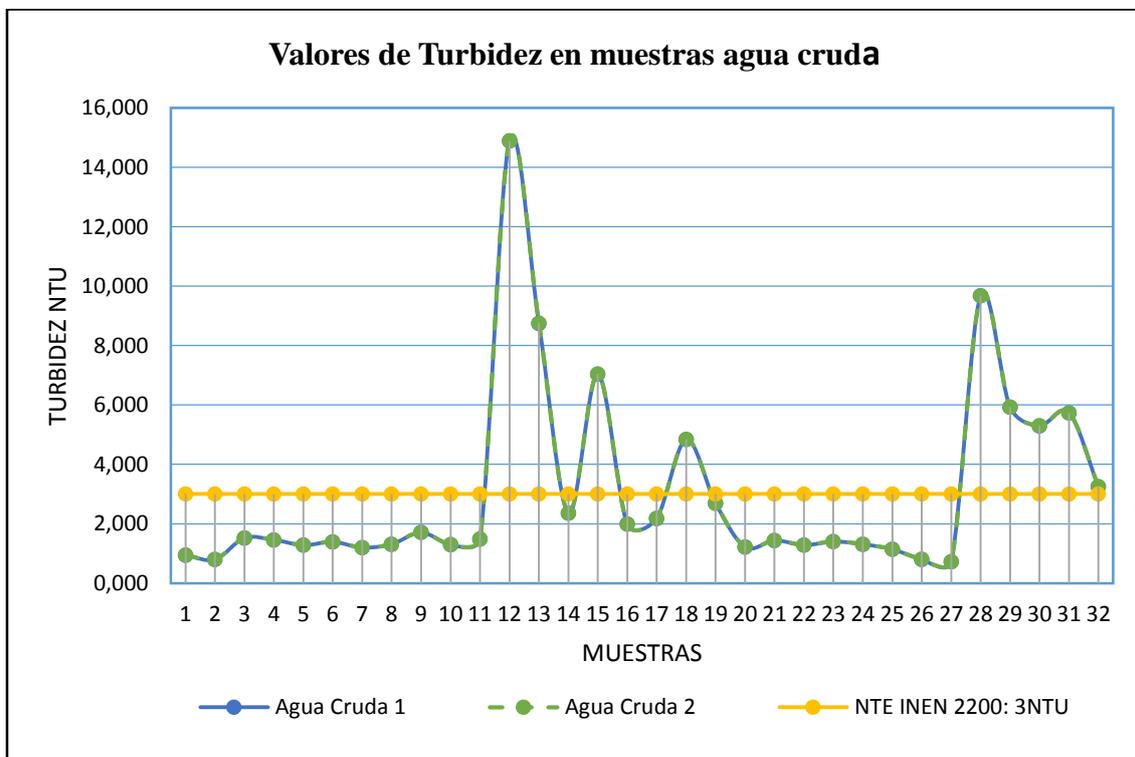
TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	3,0742	3,0768
Varianza	17,7501	13,1446



Desviación Estándar	4,2131	3,6626
Coefficiente de Variación	1,3704	1,1903
Mediana	1,4750	1,4779
Moda	1,2800	N/A
Xmax	17,9000	14,9014
Xmin	0,7250	0,7286
Rango	14,1750	14,1728

Fuente: El Autor

Gráfico 3. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de turbidez en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.4.Resultados de la Conductividad: (Anexo 3)

Para la conductividad se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

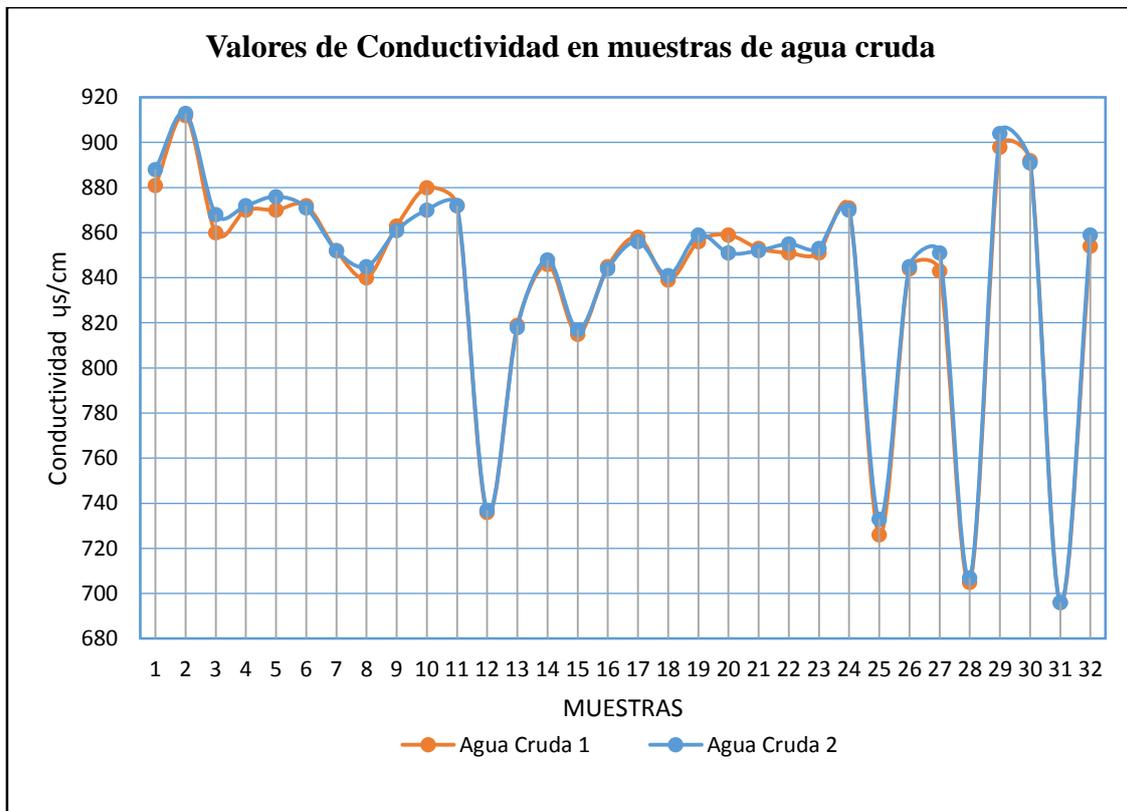


Tabla 10. Cálculos estadísticos de la Conductividad

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	841,5313	841,5161
Varianza	3575,5820	3540,6038
Desviación Estándar	59,7562	59,5030
Coefficiente de Variación	0,0710	0,0707
Mediana	853,5000	853,0000
Moda	870,0000	872,0000
Xmax	912,0000	913,0000
Xmin	696,0000	696,0000
Rango	216,0000	217,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 4. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Conductividad en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor



3.5.Resultados del Color: (Anexo 3)

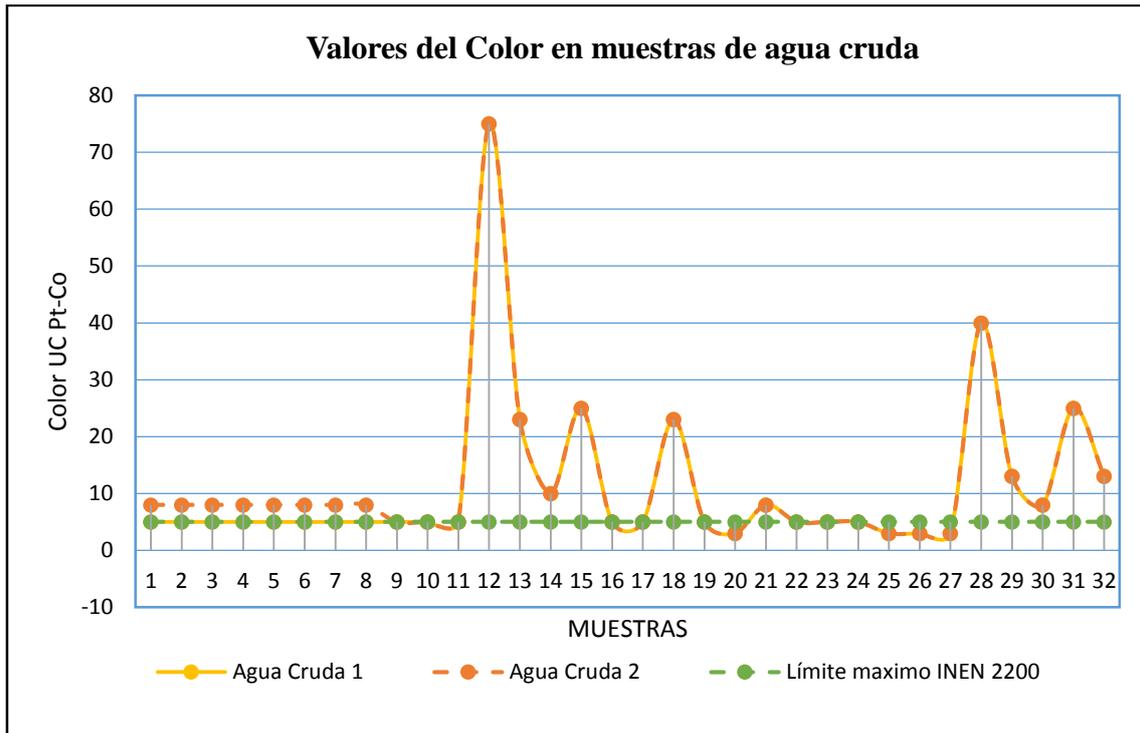
Para color se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 11. Cálculos estadísticos del Color

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	11,2500	12,0000
Varianza	271,2500	261,0000
Desviación Estándar	16,4697	16,1555
Coficiente de Variación	1,4639	1,3462
Mediana	5,0000	8,0000
Moda	5,0000	8,0000
Xmax	75,0000	75,0000
Xmin	3,0000	3,0000
Rango	72,0000	72,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 5. Gráfico en Dispersión lineal para resultados del Color en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.6.Resultados de Sólidos Disueltos Totales: (Anexo 3)

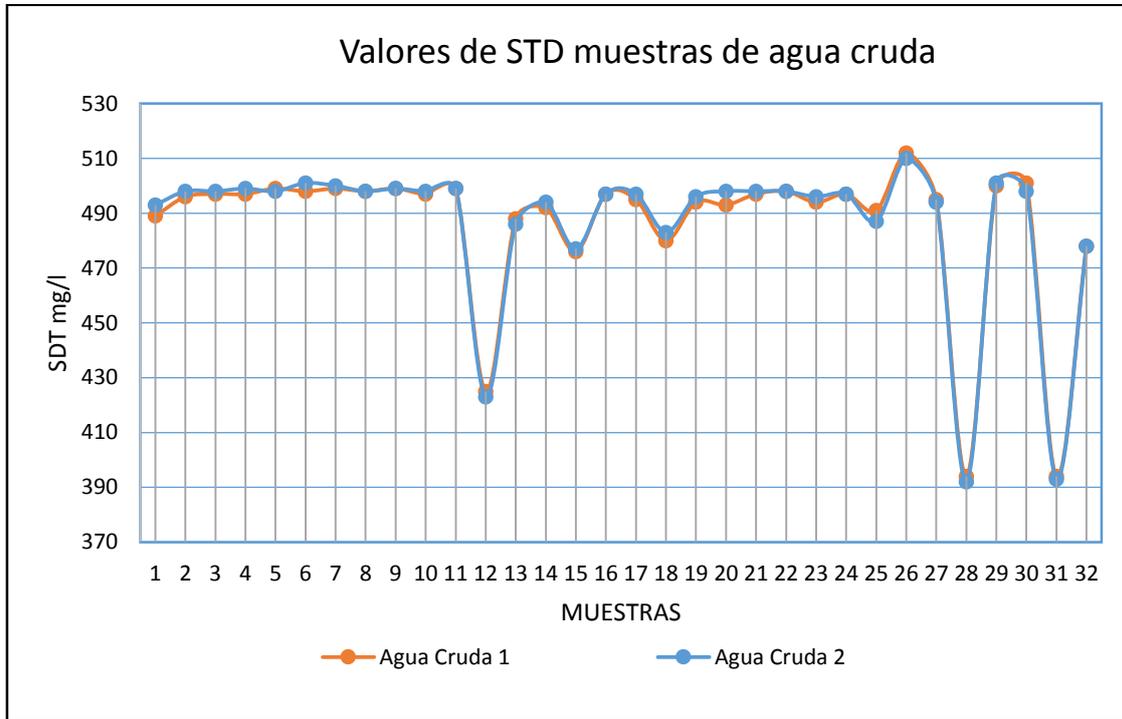
Para sólidos disueltos totales se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 12. Cálculos estadísticos de los SDT

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	486,2188	486,6875
Varianza	1012,1445	1056,6198
Desviación Estándar	31,8142	32,5057
Coefficiente de Variación	0,0654	0,0667
Mediana	496,5000	497,5000
Moda	497,0000	498,0000
Xmax	512,0000	510,0000
Xmin	394,0000	392,0000
Rango	118,0000	118,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 6. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Sólidos Disueltos Totales en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.7.Resultados de Alcalinidad Total: (Anexo 3)

Para la alcalinidad total se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 13. Cálculos estadísticos de la Alcalinidad Total

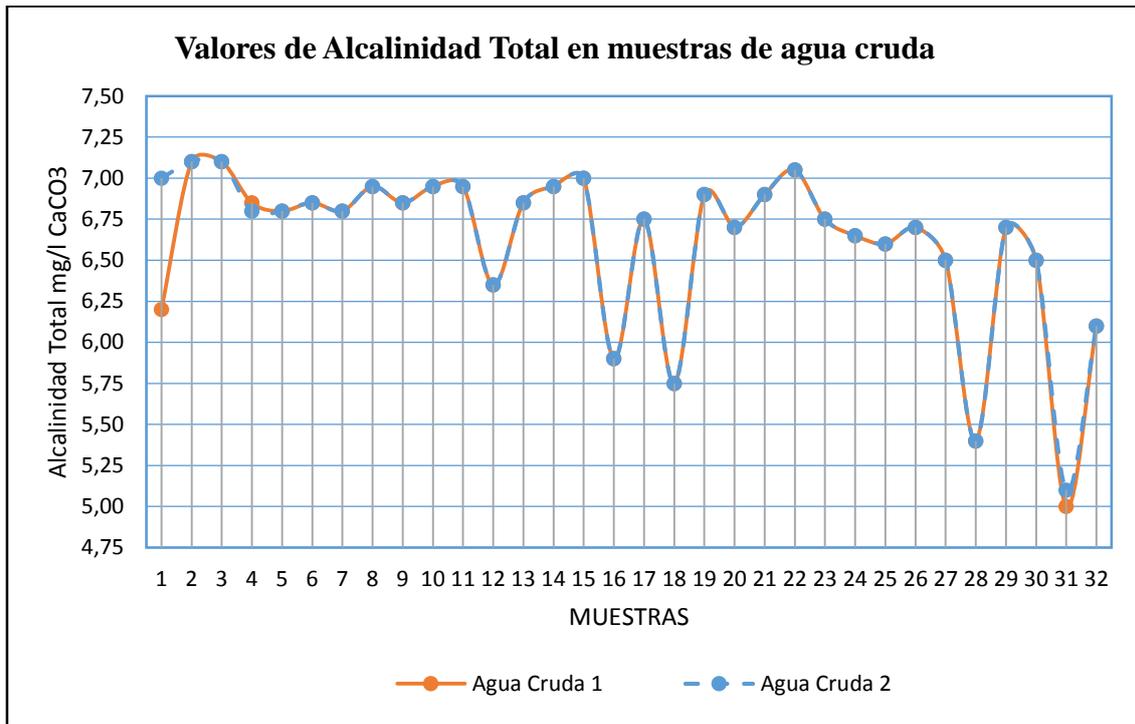
TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	6,6063	6,6328
Varianza	0,3185	0,3033
Desviación Estándar	0,5643	0,5507
Coefficiente de Variación	0,0854	0,0830
Mediana	6,7750	6,8000
Moda	6,8500	6,9500
Xmax	7,1000	7,1000



Xmin	5,0000	5,1000
Rango	2,1000	2,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 7. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Alcalinidad Total en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.8.Resultados de Dureza Total: (Anexo 3)

Para la dureza total se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 14. Cálculos estadísticos de la Dureza Total

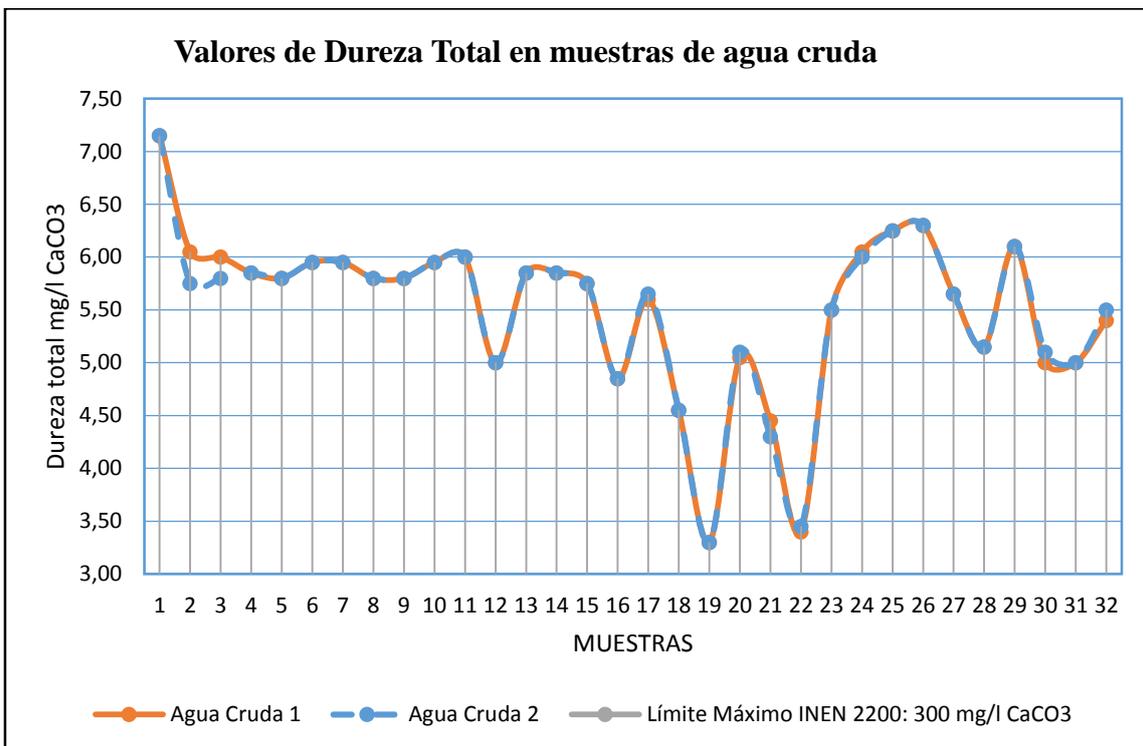
TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	5,5109	5,5000
Varianza	0,8120	0,7933
Desviación Estándar	0,9011	0,8907
Coefficiente de Variación	0,1635	0,1619



Mediana	5,8000	0,1619
Moda	5,8500	0,1619
Xmax	7,1500	7,1500
Xmin	3,300	3,3000
Rango	3,8500	3,8500

Fuente: El Autor

Gráfico 8. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Dureza Total en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.9.Resultados de Nitratos: (Anexo 3)

Para nitratos se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 15. Cálculos estadísticos de Nitratos

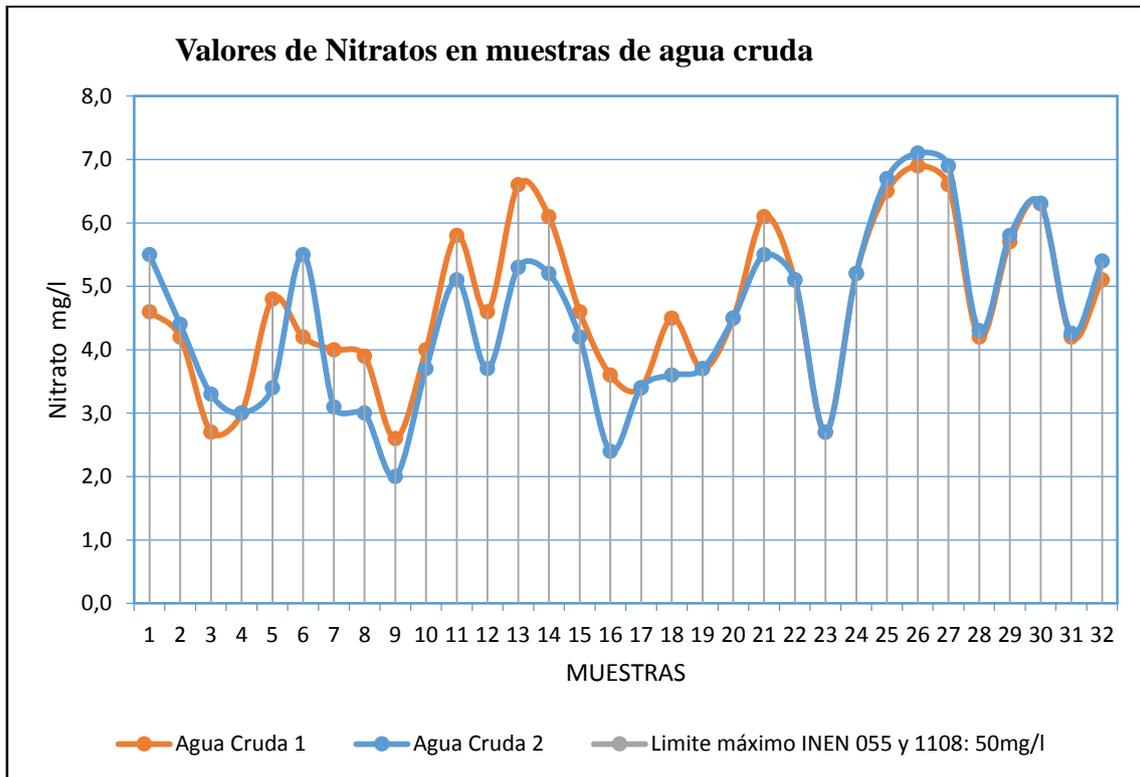
TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	4,6875	4,4772



Varianza	7,0541	2,3170
Desviación Estándar	2,6559	1,5222
Coefficiente de Variación	0,5666	0,3399
Mediana	4,5500	4,3500
Moda	4,2000	5,5000
Xmax	6,9000	7,1000
Xmin	2,6000	2,0000
Rango	4,3000	5,1000

Fuente: El Autor

Gráfico 9. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Nitratos en muestras de agua cruda del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.10. Resultados de Nitritos: (Anexo 3)

Para nitritos se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

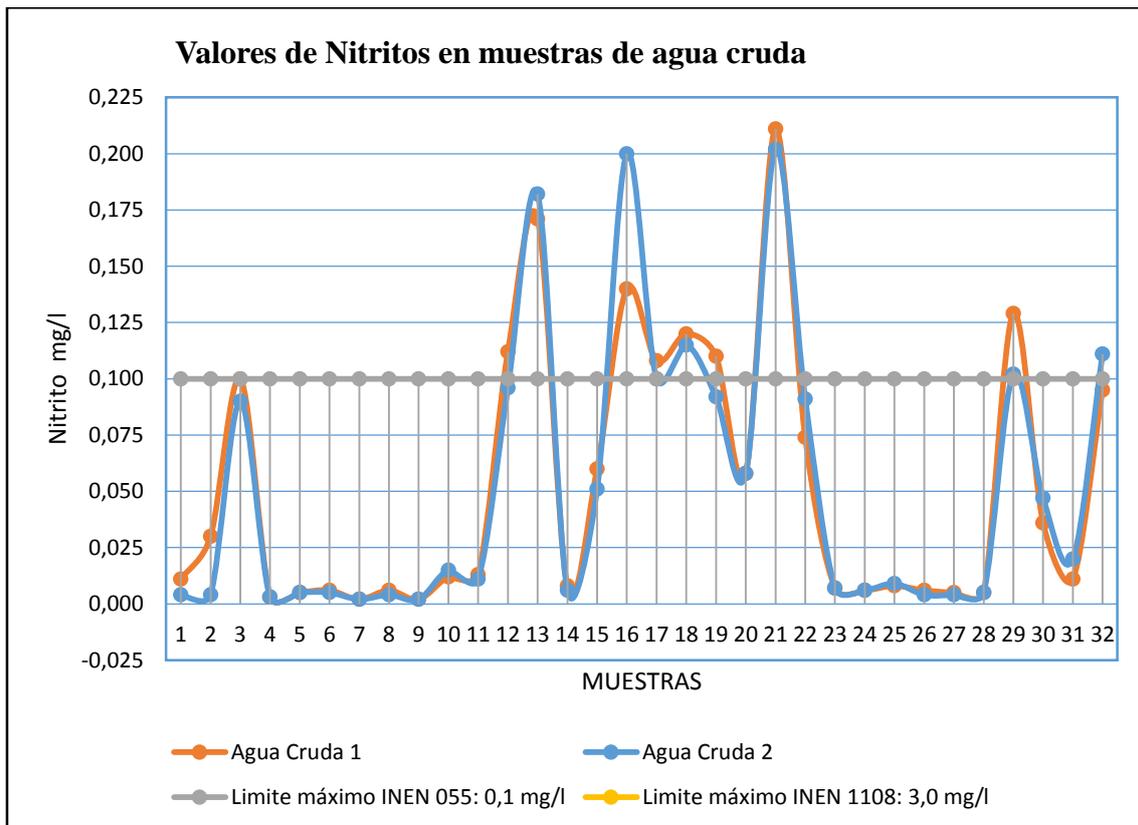


Tabla 16. Cálculos estadísticos de Nitritos

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	0,0522	0,0517
Varianza	0,0045	0,0049
Desviación Estándar	0,0671	0,0701
Coefficiente de Variación	1,2865	1,3565
Mediana	0,0125	0,0150
Moda	0,0060	0,0040
Xmax	0,0210	0,2020
Xmin	0,0020	0,0020
Rango	0,2090	0,2000

Fuente: El Autor

Gráfico 10. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Nitritos en muestras de agua cruda del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor



3.11. Resultados de Sulfatos: (Anexo 3)

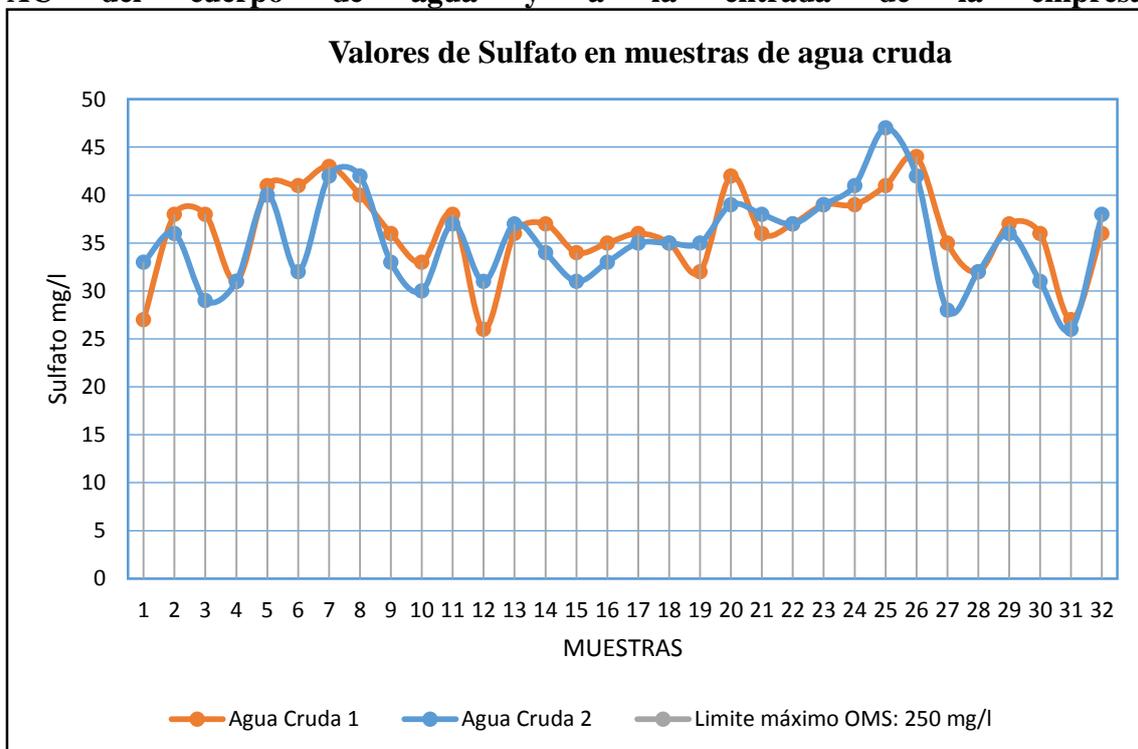
Para sulfatos se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 17. Cálculos estadísticos de Sulfatos

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	36,1875	36,3125
Varianza	25,2865	29,1198
Desviación Estándar	5,0286	5,3963
Coficiente de Variación	0,1389	0,1528
Mediana	36,0000	35,0000
Moda	36,0000	31,0000
Xmax	44,0000	47,0000
Xmin	26,0000	26,0000
Rango	18,0000	21,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 11. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Sulfatos en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa



Fuente: El Autor



3.12. Resultados de Hierro: (Anexo 3)

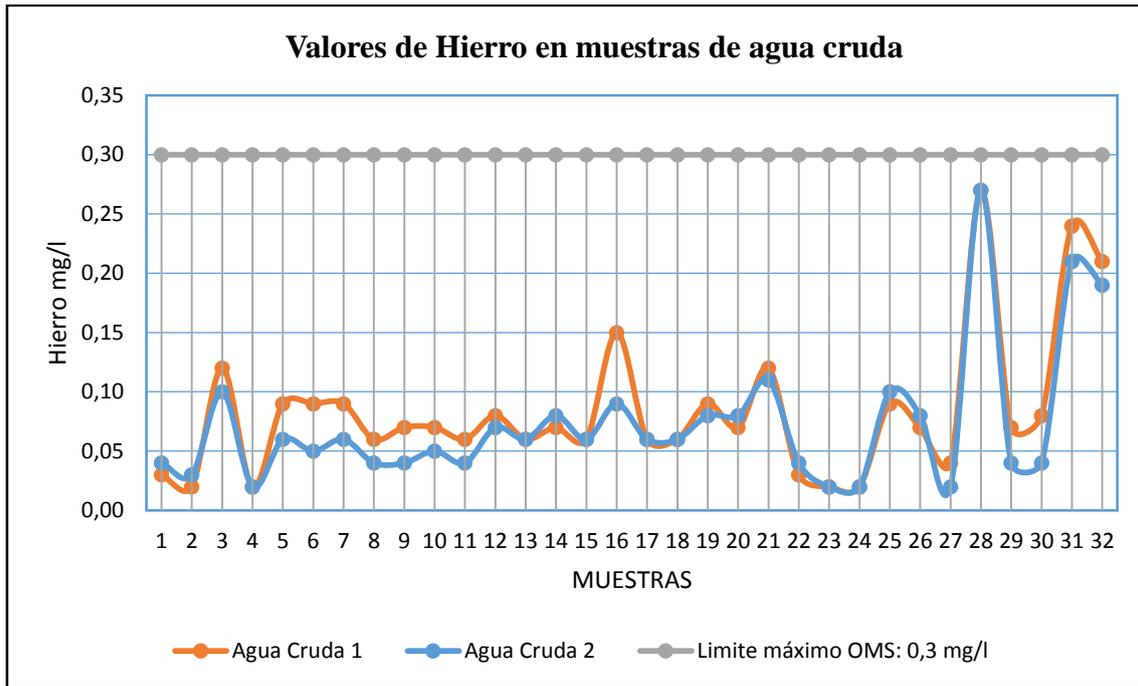
Para hierro se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 18. Cálculos estadísticos del Hierro

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1	AGUA CRUDA ZONA 2
Media	0,0838	0,0722
Varianza	0,0046	0,0041
Desviación Estándar	0,0679	0,0637
Coficiente de Variación	0,8111	0,8822
Mediana	0,0700	0,0600
Moda	0,0600	0,0600
Xmax	0,2700	0,2700
Xmin	0,0200	0,0200
Rango	0,2500	0,2500

Fuente: El Autor

Gráfico 12. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Hierro en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.13. Resultados de Cadmio: (Anexo 3)

No fue posible calcular los estadísticos correspondientes a cadmio en las muestras de agua, debido que las determinaciones realizadas dieron negativo o ausencia del metal. Por la técnica de cadmio- ditizona el equipo de espectrofotometría puede medir concentraciones en un rango de 0,7 ug/l a 80.0 ug/l.

3.14. Resultados para Coliformes Totales: (Anexo 3)



Para coliformes totales se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 19. Cálculos estadísticos de Coliformes Totales

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1
Media	339,6250
Varianza	21.1093,4792
Desviación Estándar	459,4491
Coefficiente de Variación	1,1497
Mediana	210,0000
Moda	1.100,0000
Xmax	1.100,0000
Xmin	15,0000
Rango	1.085,0000

Fuente: El Autor

3.15. Resultados para Coliformes Fecales: (Anexo 3)

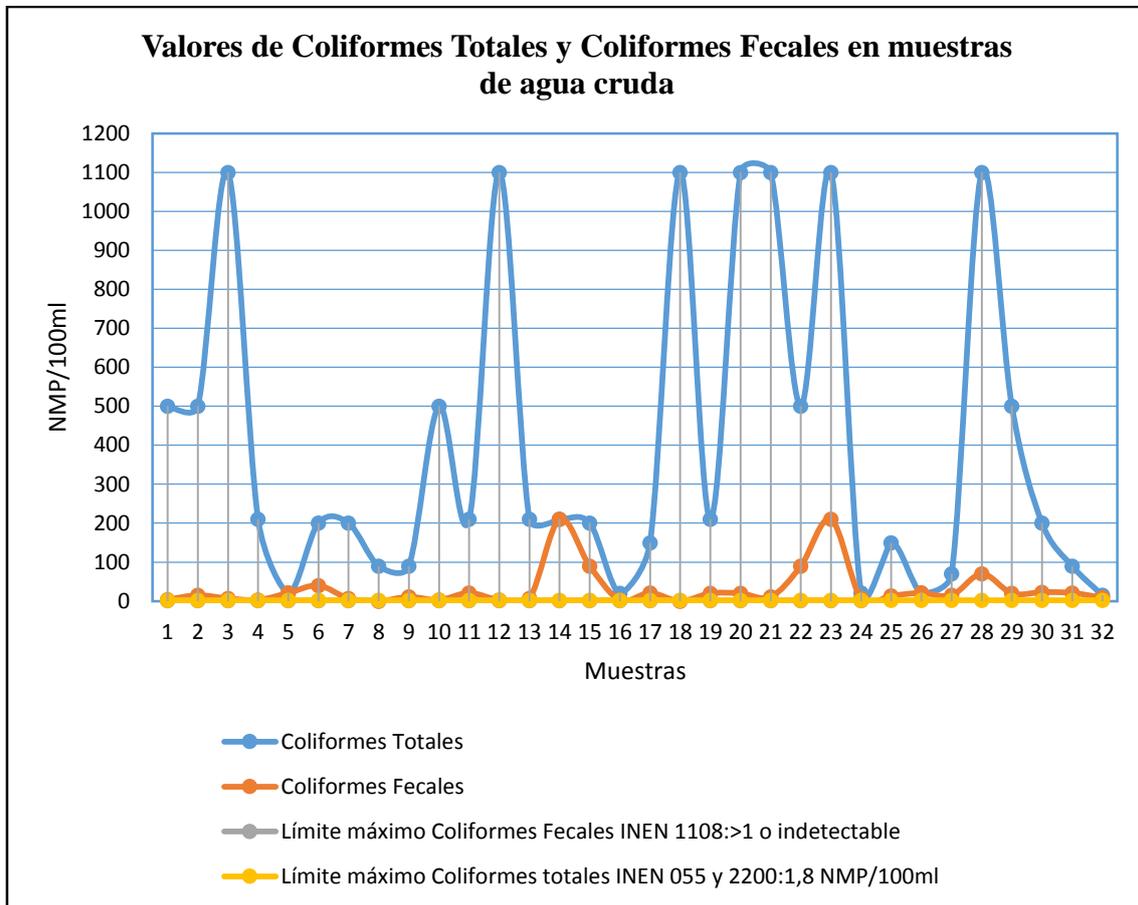
Para coliformes fecales se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

Tabla 20. Cálculos estadísticos de Coliformes Fecales

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1
Media	31,7813
Varianza	3.488,7279
Desviación Estándar	59,0655
Coefficiente de Variación	1,8585
Mediana	15,0000
Moda	21,0000
Xmax	210,0000
Xmin	0,0000
Rango	210,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 13. Gráfico en Dispersión lineal para resultados de Coliformes totales y Coliformes Fecales en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

3.16. Resultados para Aerobios Mesófilos: (Anexo 3)

Para Aerobios Mesófilos se obtuvieron los siguientes resultados estadísticos:

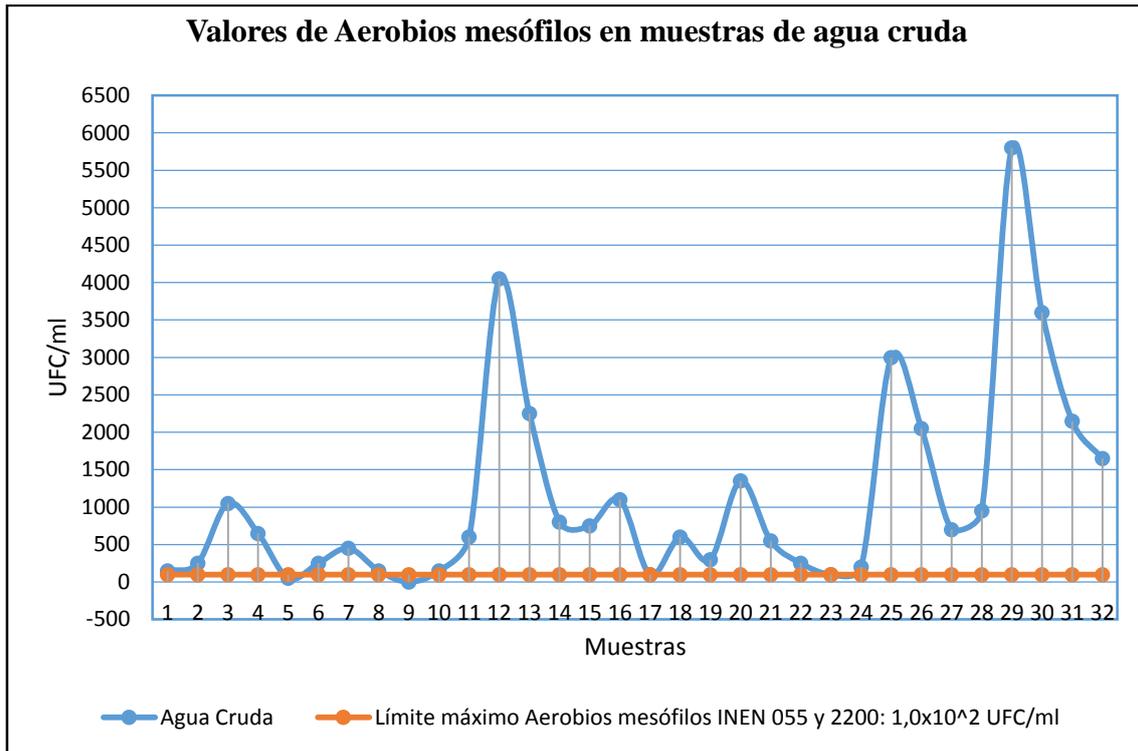


Tabla 21. Cálculos estadísticos para Aerobios mesófilos

TEMPERATURA °C	AGUA CRUDA ZONA 1
Media	1.126,5625
Varianza	2366038,4115
Desviación Estándar	1.538,1932
Coefficiente de Variación	1,3653
Mediana	625,0000
Moda	150,0000
Xmax	5.800,0000
Xmin	0,0000
Rango	5.800,0000

Fuente: El Autor

Gráfico 14. Gráfico en **Dispersión lineal** para resultados de análisis microbiológico de Aerobios mesófilos en muestras de AC del cuerpo de agua y a la entrada de la empresa.



Fuente: El Autor

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Temperatura

La temperatura promedio del agua cruda a la entrada de la empresa es mayor que la del cuerpo de agua en la vertiente natural, en aproximadamente medio grado centígrado (0.4332 °C de diferencia entre uno y otro); la relación expuesta es más evidente al observar el Gráfico 1.

El valor promedio de temperatura en las muestras de agua cruda están por debajo de los 20°C indicando baja actividad y desarrollo microbiano.

4.2. pH



Los valores de pH obtenidos, para las muestras de agua cruda se encuentran dentro de los límites aceptados por el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055 para Aguas Envasadas, que estipula como valor máximo admisible 8.5 y valor mínimo admisible 6.5. Ver Gráfico 2.

De esto se puede inferir que el agua en estudio posee escaso o nulo contenido de iones carbonato (CO_3^{2-}) ya que estos se presentan a pH menor o igual a 8.3; aunque bicarbonatos (HCO_3^-) y dióxido de carbono (CO_2) estarán presentes y aportarán alcalinidad a la muestra.

4.3. Turbidez

Aunque los valores promedio de turbidez para el agua cruda 1 y agua cruda 2 se encuentran por debajo del límite máximo admisible de 3.0 NTU de la norma NTE INEN 2200 para agua envasada (Ver Tabla 9), se observa en el Gráfico 3 que las muestras n° 15, 16, 18, 21 y 28, 29, 30, 31, 32 para agua cruda 1 y agua cruda 2 exceden significativamente el valor de 3.0 NTU de dicha norma, por lo que se les atribuye causas especiales como el clima lluvioso presentado al momento de recolectar las muestras que arrastró cantidades importantes de sólidos.

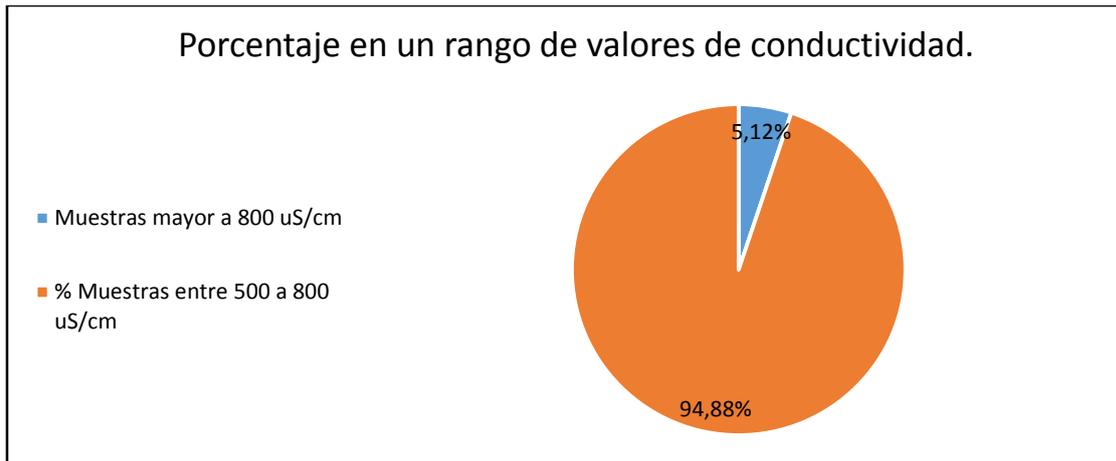
Debido al grado de turbidez presentado en las muestras de agua cruda será necesario un tratamiento, aplicando un proceso de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. Así mismo, los sólidos en suspensión traen consigo actividad biológica, que de no eliminarse adecuadamente con un tratamiento previo ocasionarán un aumento en la demanda de cloro en el proceso de desinfección por cloración.

4.4. Conductividad



El 94.88% de los resultados de conductividad obtenidos se encuentran en el rango de 500 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un 5.12% restante mayor a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, es decir el agua contiene una concentración importante de SDT e iones en solución lo cual hace preciso reducir estas concentraciones para garantizar la calidad del agua.

Gráfico 15. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje en un rango de valores de conductividad.

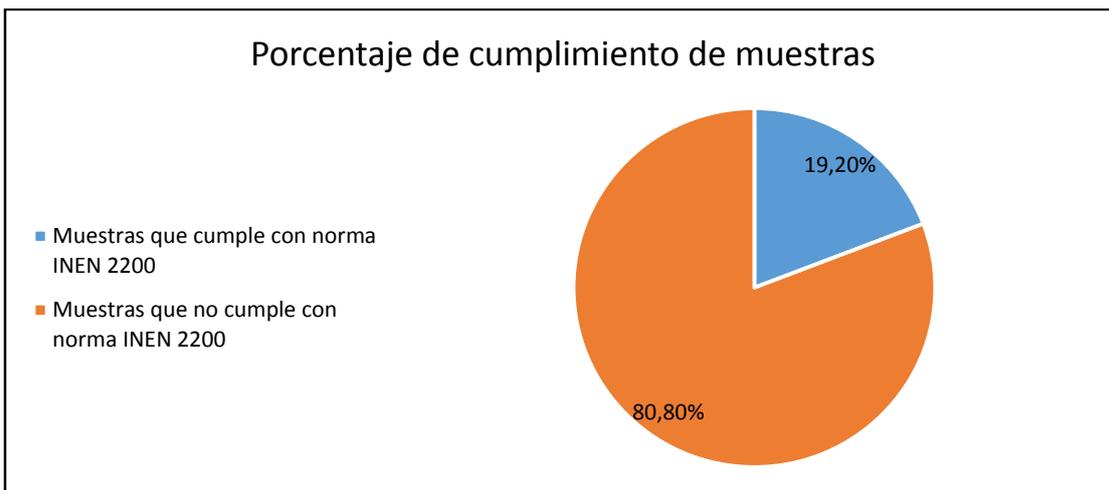


Fuente: El Autor

4.5. Color

De los resultados se argumenta que el 80,80% de las muestras cumple con el límite máximo admisible de color, que es de 5 UC acorde a la INEN 2200: 2008. Así, se ratifica la necesidad de incorporar el tratamiento previo del A.C en estudio, mediante procesos de coagulación y floculación como se discutió anteriormente en los resultados de turbidez.

Gráfico 16. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje de muestras aptas y no aptas según la norma NTE INEN 2200 para el parámetro Color.



Fuente: El Autor

4.6. Sólidos Disueltos Totales

Los resultados de SDT concuerdan con los valores de conductividad y se observa tal semejanza al momento de comparar el Grafico 4 frente al Grafico 6, debido a que estos dos parámetros son directamente proporcionales. Con esto se ratifica el moderado contenido de sólidos disueltos en el agua y un importante valor de conductividad.

4.7. Alcalinidad Total

Los valores obtenidos de alcalinidad para agua cruda 1 y agua cruda 2 son 6.7458 y 6.7771 mg/l CaCO₃ respectivamente. Estos valores de alcalinidad indican que se encuentran por debajo de 75 mg/l CaCO₃, por tanto es considerada como agua con bajo contenido en alcalinidad según Tabla 3: Rangos de Alcalinidad.

4.8. Dureza Total



Los resultados promedio de dureza total para las muestras de agua cruda 1 y agua cruda 2 son 5.4792 y 5.4563 75 mg/l CaCO_3 respectivamente, lo cual sugiere que se trata de agua blanda según Tabla 2: Clasificación de Dureza del Agua. También se deduce que el agua en estudio presentará escasos problemas debido a incrustaciones.

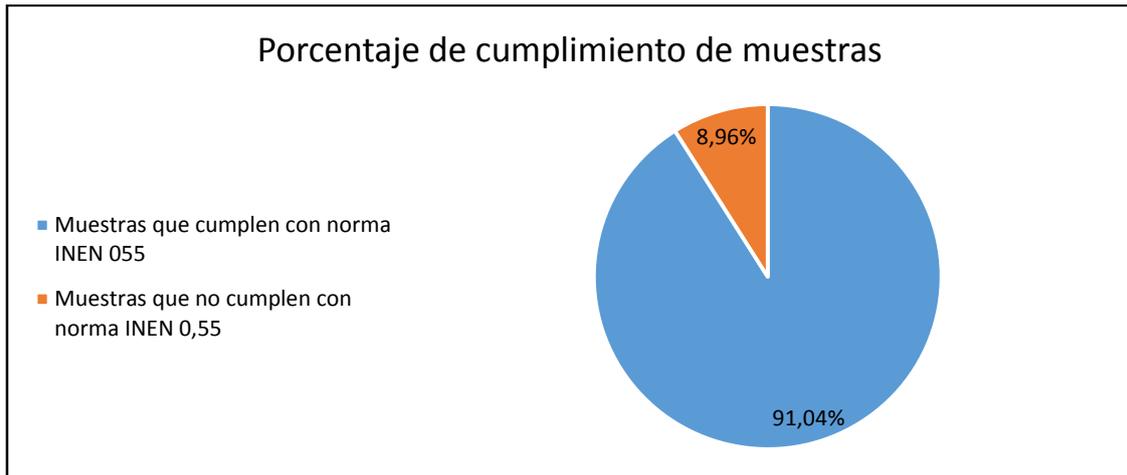
4.9. Nitratos

Los valores para concentración de nitratos en el agua cruda 1 y agua cruda 2 están dentro del límite máximo admisible de 50 mg/l de la INEN 055 para agua purificada envasada.

4.10. Nitritos

El 8.96 % de los valores resultantes para nitritos en las muestras no cumplen con el límite máximo admisible de 0.1 mg/l, lo que advierte presencia de contaminación por coliformes fecales. Este contenido de coliformes puede deberse a que en los alrededores del cuerpo de agua se observó actividad ganadera, irrespetando el respectivo retiro de 15m. regido por la ORDENANZA DE REFORMA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CUENCA en su artículo 15 referido a las áreas de conservación de cauces de ríos, quebradas o cualquier curso de agua o lagunas. Esta contaminación con nitritos sugiere que el agua debe pasar por procesos de desinfección.

Gráfico 17. Gráfico en pastel para establecer el porcentaje de muestras aptas y no aptas según la norma INEN 055 para el parámetro Nitritos.



Fuente: El Autor

4.11. Sulfatos

Los resultados de sulfatos en el agua están dentro de los límites admisibles por la Organización Mundial de la Salud OMS de 250 mg/l. En nuestro caso el valor más alto obtenido es de 43 mg/l que cumple con lo especificado.

4.12. Hierro

Los valores de hierro obtenidos tanto en el agua cruda 1 como agua cruda 2 (0,0833 y 0,0722 mg/l respectivamente) se encuentran dentro de los límites admisibles dispuestos por la Organización Mundial de la salud OMS de 0.3 mg/l. En caso de que exista concentraciones elevadas se puede realizar un proceso de filtración con resina de intercambio iónico previa una oxidación con cloro; esto garantizará la calidad del agua en aspectos como color y sabor.

4.13. Cadmio

Las determinaciones realizadas para la cuantificación de cadmio en el equipo de espectrofotometría resultaron negativas tanto para el agua cruda 1 como el agua cruda 2,



ya que el equipo puede detectar reducidas concentraciones que van desde 0,7 ug/l a los 80.0 ug/l por el método de cadmio- ditizona. Por tratarse de aguas superficiales es importante realizar el muestreo y determinación de este elemento con frecuencia anual para excluir su presencia en el agua.

4.14. Coliformes Totales y Coliformes Fecales

Los resultados para coliformes totales dan positivo a su presencia ($\bar{X} = 339.6250$ NMP/100ml) y se encuentran fuera de los límites admisibles, su elevado valor y frecuente variabilidad es debido a que el agua natural no ha recibido tratamiento previo alguno. El reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055 indica como valor máximo admisible 1.8 o indetectable expresado en NMP/100ml. De esto se deduce que el agua cruda en estudio debe someterse a un tratamiento de desinfección a fin de eliminar la carga microbiológica del agua.

Los valores para coliformes fecales en las muestras de agua dieron positivo con un valor promedio de $\bar{X} = 31,7813$, lo cual se ubica fuera del límite admisible del reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 055 que indica como valor máximo admisible 1.8 o indetectable expresado en NMP/100ml, esto hace necesario un tratamiento de desinfección a fin de eliminar la carga microbiológica del agua.

4.15. Aerobios Mesófilos

El valor promedio resultado de cuantificar Aerobios mesófilos en las muestras es $\bar{X} = 1126,5625$ UFC/ml, ubicándose fuera del límite aceptable por la norma NTE INEN 055 que establece un valor máximo de 100 UFC/ml. Esto sugiere que el agua se encuentra contaminada por hongos, levaduras, microorganismos, bacterias ambientales y materia orgánica por lo que será necesario someter el agua a un proceso de desinfección.



4.16. Propuesta De Tratamiento Para El Agua Cruda.

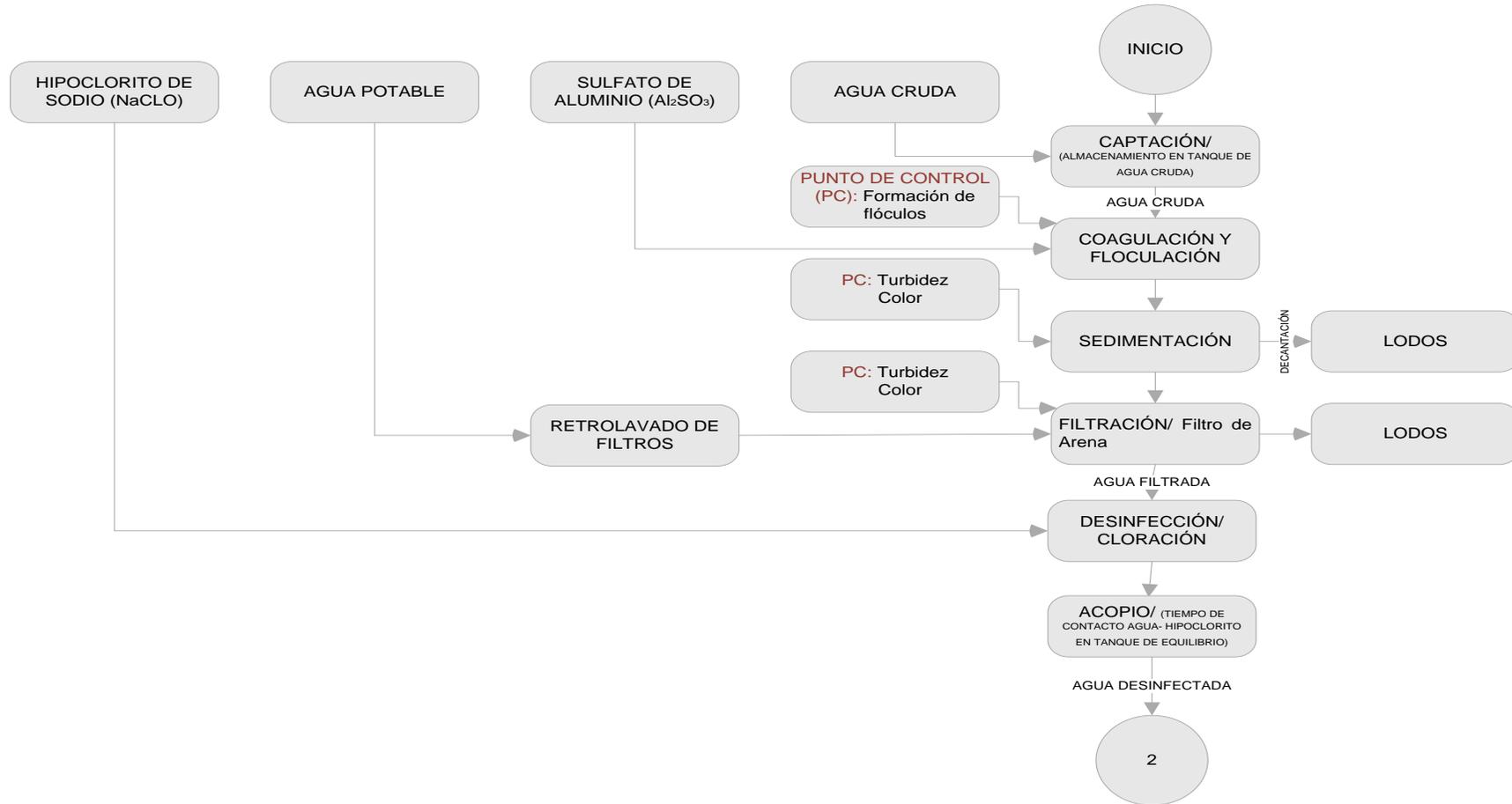
Con los resultados obtenidos de los parámetros analizados de agua cruda en el cuerpo de agua natural y a la entrada de la empresa, se propone el siguiente sistema de procesos integrados para el tratamiento del agua en estudio; y así se logre satisfacer los requerimientos de la norma INEN 055: 2011, INEN 2200:2008 y reglamentos descritos por la Organización Mundial de la Salud OMS.

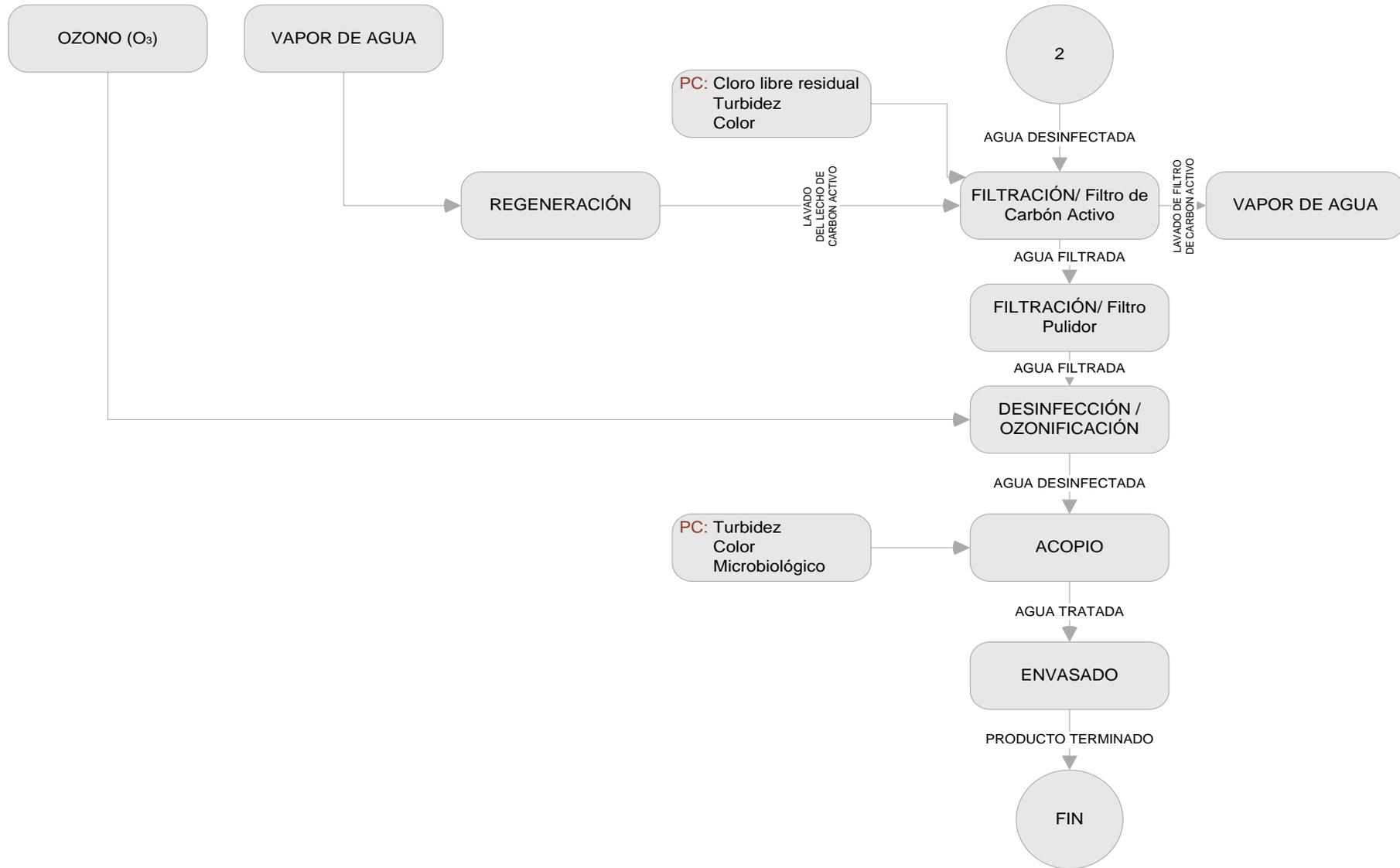
- El agua de estudio presenta valores de turbiedad que están por encima de los que indica la norma, para lo cual se recomienda realizar procesos de coagulación y floculación, sedimentación, con la finalidad de bajar la turbidez de la misma y poder estar dentro de los valores permitidos.
- También presenta sólidos en suspensión, materia orgánica, gérmenes patógenos por lo que es necesario realizar operaciones de filtración con arena, desinfección y filtración con carbón activo.
- Contiene baja concentración de metales como el hierro (Fe), se eliminarán por oxidación al añadir cloro y posterior filtración.
- Valores de color, conductividad, coliformes totales, coliformes fecales proponen tratamientos de coagulación y floculación, sedimentación, filtración y desinfección de acuerdo a clasificación en Tabla 6.



4.17. Propuesta Para El Tratamiento Óptimo De Agua Cruda

Diagrama 1: Diagrama de Proceso Operativo Propuesto para el Tratamiento de Agua Cruda





4.18. Prueba de Jarras (Jar- Test)

A fin de estimar el valor de la masa de lodo generada a partir del proceso de coagulación y floculación cuyos datos obtenidos sirven para el cálculo aproximado de costos por consumo de agua cruda como materia prima, es necesario realizar la prueba de jarras para determinar el valor de coagulante y ayudante de floculación óptimos.

La prueba de jarras permite determinar la dosis de agente coagulante y floculante más efectiva en condiciones determinadas de mezcla a fin de lograr una eficiente remoción de materiales que confieren turbidez y color al agua. Para ello se emplean una serie de agitadores rotacionales simultáneos a escala de laboratorio en condiciones dadas de tiempo de mezcla, gradiente de velocidad y secuencia de aplicación de las sustancias químicas que simulen las condiciones operacionales en planta (Olivero, 2013).

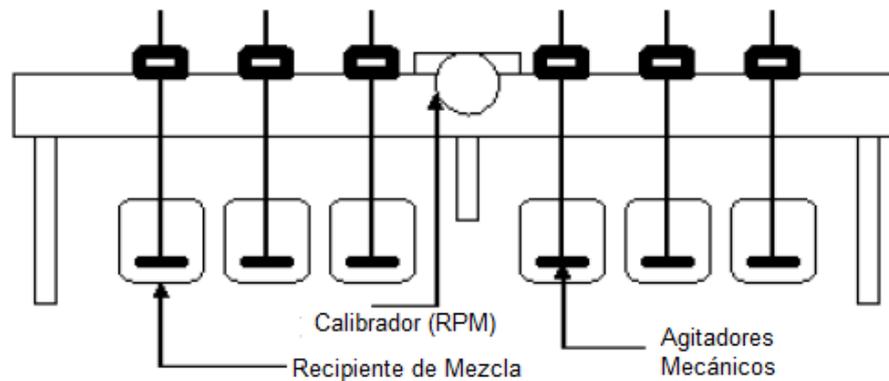


Figura 7. Esquema Experimental de un Equipo de Jar Test.

Fuente: (Ashtekar, 2013)

La prueba de Jarras se realiza en 3 etapas principales, que son (Lorenzo, 2006):

- 1) **Mezcla Rápida:** el objetivo es crear el movimiento necesario en el líquido para poner en contacto el coagulante con las partículas coloidales del agua y hacer que se aglomeren en corto tiempo. El tiempo y las rpm que se utilizan son las siguientes: 1-3 minutos, 30- 100 rpm.



- 2) **Mezcla Lenta:** el tiempo de mezcla no excede los 15 minutos. Un tiempo mayor puede crear calentamiento de la muestra que aunque ocasiona una floculación más eficiente, libera gases disueltos en el agua que genera una pobre sedimentación. Se practica la agitación lenta en condiciones de 3- 15 minutos y 20-40 rpm.
- 3) **Sedimentación:** Es recomendable sedimentar 30 minutos.

4.18.1. Criterios para la evaluación de Prueba de Jarras:

En la práctica se deben observar ciertos lineamientos a seguir para evaluar una prueba de jarras, estos lineamientos son: características de los flóculos, calidad del sobrenadante: y velocidad de sedimentación de los flóculos (Lorenzo, 2006).

La siguiente tabla recoge los lineamientos de evaluación para cualificar la prueba de jarras.

Tabla 22. **Determinación del índice de Willcomb**

INDICE	DESCRIPCIÓN
0	<i>Floc coloidal</i> . Ningún signo de aglutinación
2	<i>Visible</i> . Floc muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	<i>Disperso</i> . Floc bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta).
6	<i>Claro</i> . Floc de tamaño relativamente claro. Precipita con lentitud.
8	<i>Bueno</i> . Floc que se deposita fácil pero no completamente.
10	<i>Excelente</i> . Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina.

Fuente: Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación- floculación. 2006.



4.18.2. Cargas y Producción de Lodos

El lodo obtenido de la sedimentación posterior al tratamiento de coagulación y floculación, es una mezcla de sólidos presentes en el agua (arcilla limo, microorganismos, etc.) y coagulante utilizado para la clarificación (alumbre) (Ramírez, 2003).

La especie resultante de sulfato de aluminio agregado al agua producirá aproximadamente 0.44 mg/l de sólidos inorgánicos de aluminio. Los sólidos suspendidos presentes en el agua cruda producen un peso equivalente de sólidos en el lodo, debido a que al reaccionar son estos los que precipitan en forma de floc (Ramírez, 2003).

La cantidad de lodo producido en una planta de coagulación con sulfato de aluminio para la remoción de turbiedad puede ser expresada como:

$$S = 86,4 Q (0,44 Al + SS + A) \text{ Ec. 1}$$

Fuente: Ramírez, 2003.

donde:

S: lodo producido, Kg/ día, base seca.

Q: gasto de agua, m³/ seg

Al: dosis de sulfato de aluminio en mg/l

SS: sólidos suspendidos del agua cruda, mg/l.

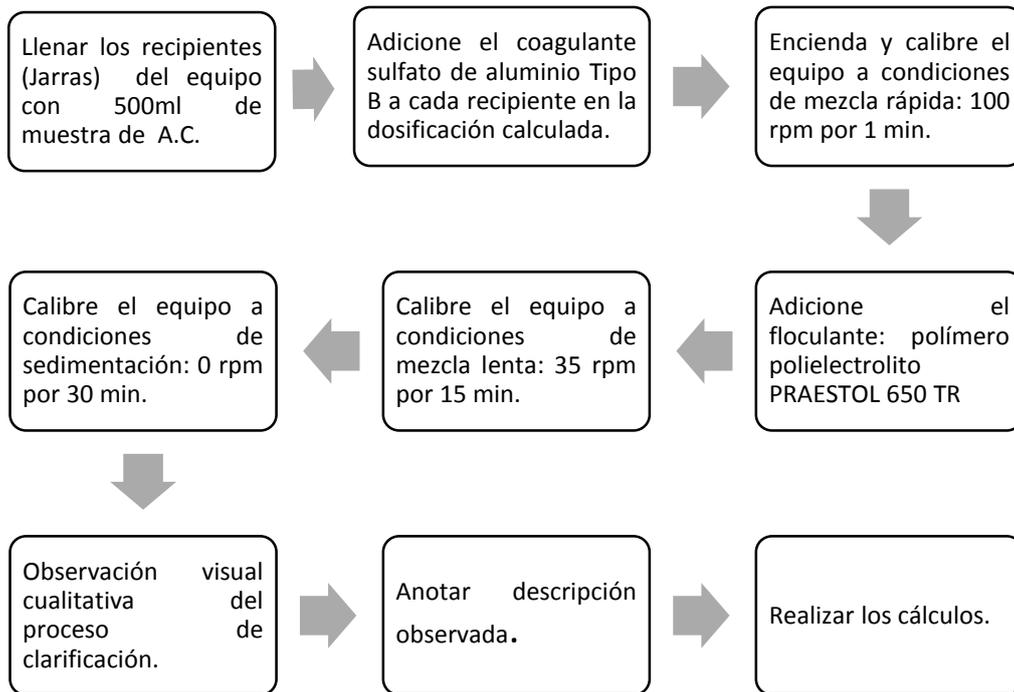
A: productos químicos adicionales agregados tales como polímero, arcilla, carbón activado, mg/l.

86,4: factor de conversión.

Para efectos de cálculo se puede estimar que el lodo proveniente de sistemas de tratamiento de agua potable puede tener normalmente un contenido de humedad entre el 82 a 95% (Ramírez, 2003).



4.18.3. Procedimiento para la Prueba de Jarras



Para la Prueba de Jarras se consideraron las siguientes concentraciones en ppm de sulfato de aluminio como coagulante: 19, 20, 21, 22, 23 y 24.

Para el caso del polielectrolito catiónico (PRAESTOL 650 TR como ayudante de floculación) se consideró una concentración constante de 0.05 ppm durante toda la prueba, concentración que corresponde a la dosis recomendada para procesos de coagulación y floculación en la potabilización de aguas.

4.18.4. Resultados Obtenidos de la Prueba de Jarras

Para la Prueba de Jarras se obtuvieron los siguientes resultados en remoción de turbidez y color así como el porcentaje de eficiencia en su remoción:

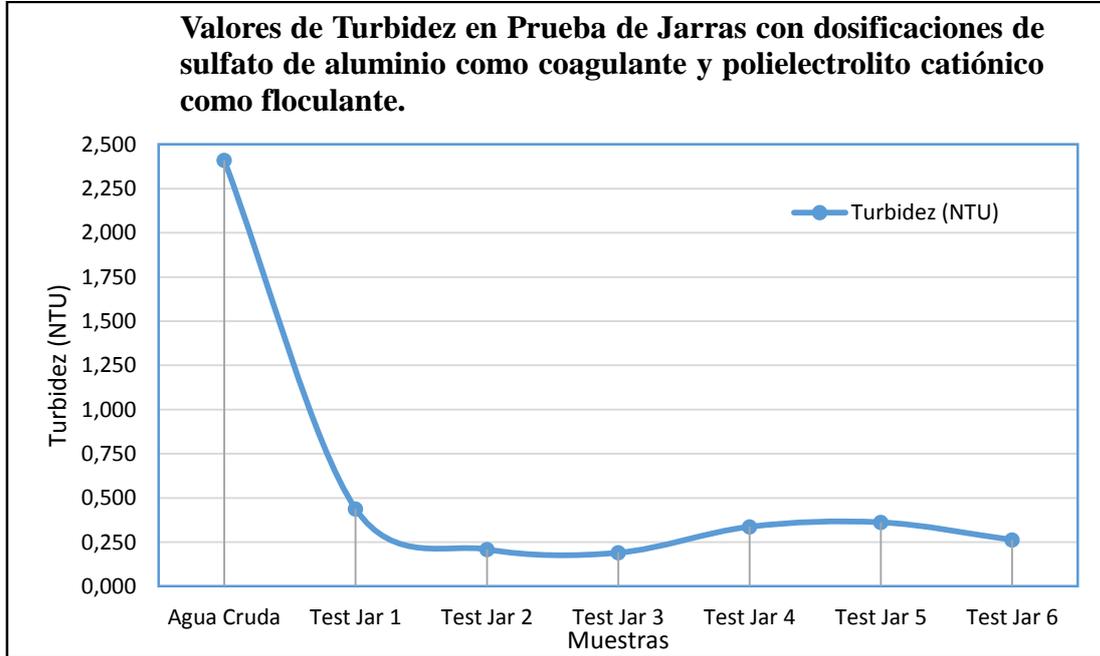


Tabla 23. Resultados de eficiencia en la remoción de turbidez y color al tratamiento de coagulación y floculación

TEST	Concentración mg/l		Turbidez (NTU)	Color (UC)	% Eficiencia en Remoción de Turbidez	% Eficiencia en Remoción de Color
Agua Cruda	$Al_2(SO_4)_3$	Poli-electrolito	2,410	10		
Test Jar 1	19	0.05	0,438	5	81,83	50
Test Jar 2	20	0.05	0,209	3	91,33	70
Test Jar 3	21	0.05	0,190	3	92,12	70
Test Jar 4	22	0.05	0,337	3	86,02	70
Test Jar 5	23	0.05	0,362	5	84,98	50
Test Jar 6	24	0.05	0,263	5	89,09	50

Fuente: El Autor

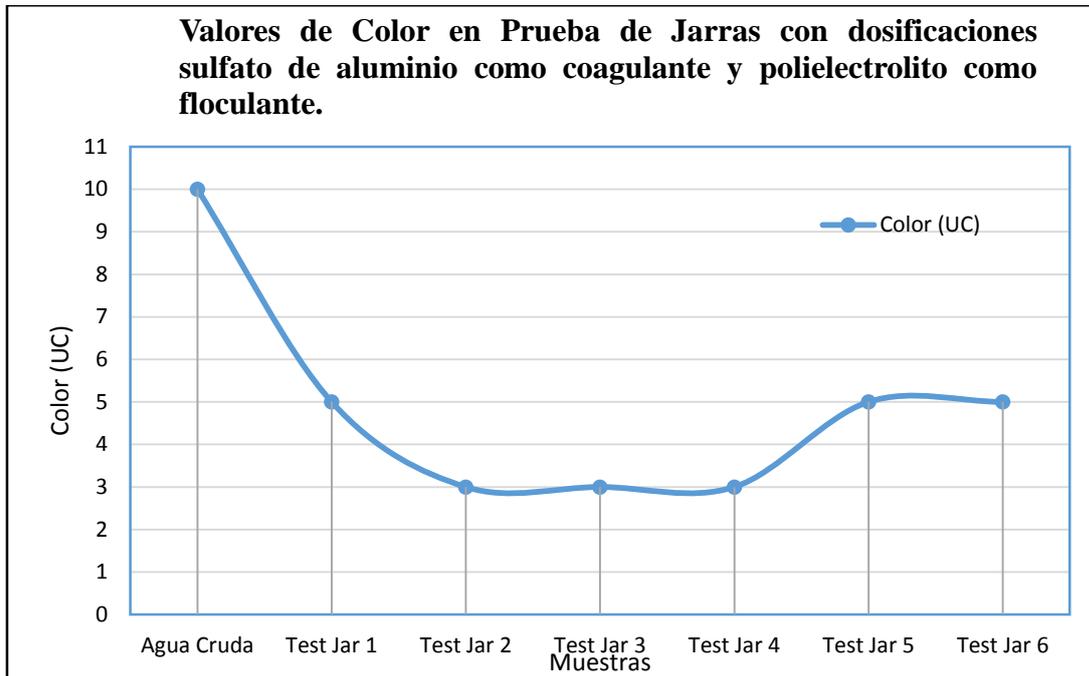
Gráfico 18. Gráfico Lineal para resultados de Turbidez en Prueba de Jarras para diferentes dosificaciones de sulfato de aluminio como coagulante y polielectrolito PRAESTOL 650 TR como floculante.



Fuente: El Autor



Gráfico 19. Gráfico Lineal para resultados de Color en Prueba de Jarras para las diferentes dosificaciones de sulfato de aluminio como coagulante y polielectrolito PRAESTOL 650 TR como floculante.



Fuente: El Autor

4.19. Análisis de Resultados de la Prueba de Jarras

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 23, la Prueba de Jarra N°3 es la que la que presenta mayor eficiencia en la remoción de los parámetros analizados. A esta prueba se le adicionaron 21 ppm de $Al_2(SO_4)_3$ y 0.05 ppm de polímero polielectrolito PRAESTOL 650 TR que corresponden a la dosis óptima de coagulante.

Por observación en los Gráficos 18 y 19; la turbidez y color en la Prueba de Jarra N°3 presentan los valores más eficientes de remoción, 0.190 NTU y 3 UC respectivamente.

También, se evaluaron por comparación cualitativa con el índice de Willcomb las características de formación y sedimentación del flóculo, destacando de entre los demás resultados la Prueba de Jarra N°3 que presenta un floc que sedimenta con facilidad pero no completamente.



4.20. Cálculo estimado de masa de lodo producido en proceso de coagulación y floculación

El cálculo estimado para los Kg de lodo producidos en el sedimentador por el proceso de coagulación y floculación para el agua cruda en estudio a la dosis óptima de sulfato de aluminio y polielectrolito catiónico como ayudante de floculación, se realizaron a partir de la ecuación 1:

Tabla 24. Cálculo de la Masa de Lodo Húmedo en el Sedimentador producto del proceso de coagulación y floculación con dosis óptima de reactivos químicos.

Producción de Lodos en Sedimentador		
Parámetro	Valor	Unidades
Q (Gasto de agua)	0.0002	M ³ /seg
Al (Dosis de sulfato de aluminio)	21	mg/l
SS (Sólidos Suspendidos del agua cruda)	3.49	mg/l
A (Cantidad de polielectrolito catiónico agregado)	0.05	mg/l
S (Kg de lodo seco producido al día)	0.2233	Kg / día
Humedad promedio de lodos \bar{H}	90	%
S' (Kg de lodo húmedo al día)	0.2481	Kg/ día

Fuente: Ramírez, 2013.

4.21. Revisión de Costos por Aprovechamiento de Agua Cruda.

A fin de determinar los costos que asumirá la empresa al cambiar el uso de agua potable como principal materia prima a agua cruda para la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A, se realizó un cálculo económico a breves rasgos referido a los costos aproximados de producción mensual por consumo; esto se realiza para los dos escenarios, es decir si se utiliza agua potable o si se potabiliza el agua cruda.



Para los cálculos se consideraron las diferentes tarifas y cargos económicos correspondientes al uso y aprovechamiento industrial de agua potable como del agua cruda, regidos por los organismos de regulación como ETAPA y SENAGUA respectivamente.

Así se obtuvieron las siguientes tablas de resultados:

Tabla 25. **Cálculo Aproximado del Costo de Producción Mensual con Agua Potable como materia prima.**

COSTOS APROXIMADOS DE PRODUCCIÓN CON A.P. COMO MATERIA PRIMA			
Costos	Valor	Unidad	Frecuencia
Volumen de Producción (Consumo Industrial)	524	m ³	Mensual
Rango de consumo de A.P. Industrial	más de 50	m ³	Mensual
Cargo Variable de Consumo Industrial de A.P (USD/M ³)	1,24	USD	Mensual
Costo deducible mensual por consumo de reactivos ($Al_2(SO_4)_3$, y $NaClO$)	11,67	USD	Mensual
Costo por consumo de A.P.	661,43	USD	Mensual

Los valores referenciales para la tarifa por cargo variable de consumo de agua potable (USD/M³) para categoría industrial fueron tomados del PLIEGO TARIFARIO VIGENTE AL AÑO 2016 de ETAPA.

Fuente: El Autor



Tabla 26. **Cálculo Aproximado del Costo de Producción Mensual con Agua Cruda como materia prima**

COSTOS APROXIMADOS DE PRODUCCIÓN CON A.C. COMO MATERIA PRIMA			
Costos	Valor	Unidad	Frecuencia
Volumen de Producción (Consumo Industrial)	524	m ³	Mensual
Tarifa Industrial: Envasado de Agua (USD/M ³)	0,4	USD	Mensual
Costo deducible mensual por consumo de reactivos ($Al_2(SO_4)_3$ y $NaClO$)	114,21	USD	Mensual
Costo deducible Mensual por Gestión de lodos provenientes de la coagulación y sedimentación.	16,50	USD	Mensual
Costo por Consumo de A.C.	340,32	USD	Mensual

Los valores referenciales para la tarifa por USO Y APROVECHAMIENTO de agua cruda (USD/M³) para categoría industrial fueron tomados del Acuerdo Ministerial 2017: 0010 de la Secretaría del Agua SENAGUA, Vigente a la fecha de la realización de este trabajo.
Los valores para el cálculo del Costo Mensual por Gestión de Lodos fueron tomados de Gadere S.A (Gestor Ambiental), el cual establece que el servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de lodos es \$2.2176 (incluido IVA) por cada Kg.

Fuente: El Autor

De los costos de producción mensuales obtenidos para agua potable y agua cruda se realizaron los cálculos necesarios para obtener los costos anuales por consumo de agua potable y agua cruda respectivamente.

Así se tienen las siguientes tablas de resultados:

Tabla 27. **Cálculo Aproximando del Costo por Consumo Anual de Agua Potable como materia prima**

COSTOS APROXIMADOS ANUALES TOTALES POR CONSUMO DE A.P.			
Costo por consumo de A.P.	7.948,92	USD	Anual
Costo de Mantenimiento	804.88	USD	Anual
Total	8.753,80	USD	Anual

Fuente: El Autor



Tabla 28. **Cálculo Aproximado del Costo por Consumo Anual de Agua Cruda como materia prima**

COSTOS APROXIMADOS ANUALES TOTALES POR CONSUMO DE A.C.			
Costo por consumo de A.C.	4.083, 88	USD	Anual
Costo deducible por Obtención de licencia SENAGUA	32.66	USD	Anual
Costo de Mantenimiento	1440	USD	Anual
Total	5.556,55	USD	Anual

Fuente: El Autor

Con los resultados obtenidos de la revisión de costos anuales por consumo de agua potable y agua cruda respectivamente, el ahorro económico generado por el uso de agua cruda como materia prima en la elaboración de agua embotellada es de un 36.52 %, es decir un ahorro de 3.197,25 USD frente al costo de usar agua potable.



5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Del estudio y análisis de la calidad del agua cruda llevado a cabo en la empresa COMPROPUR DEL AUSTRO S.A. se disponen las siguientes conclusiones:

- El análisis físico- químico reveló que la mayoría de los parámetros de calidad analizados cumplen con los límites establecidos en el reglamento técnico RTE INEN 055:2011 y normativa técnica NTE INEN 2200:2008. Pese a esto, los parámetros de color, turbidez están fuera de los límites admisibles establecidos.
- El análisis químico cuantitativo realizado indica que la mayor parte de los parámetros de calidad cumplen con el reglamento NTE INEN 055:2011 y lo regido por la Organización Mundial de la Salud OMS. Sin embargo, el contenido de nitritos excede el rango permisible fijado
- El estudio de la calidad microbiológica en el agua demuestra que existe presencia tanto de coliformes totales, coliformes fecales y a la vez de aerobios mesófilos, mostrando inconformidad con lo estipulado en la norma NTE INEN 1108: 2014 y NTE INEN 2200: 2008.
- El agua cruda estudiada requiere tratamiento, por lo que se propone los siguientes procesos en base a sus resultados generados: coagulación y floculación, sedimentación; filtración con arena, desinfección mediante cloración, carbón activo; finalmente desinfección por ozonificación en caso de ser necesario.
- Ya que la empresa a lo largo de su funcionamiento ha ido adquiriendo los equipos necesarios, el cambiar el uso de agua potable a agua cruda como materia prima para su tratamiento, y comercialización como agua embotellada, le representaría un ahorro de 36,52 % equivalente a 3.197,25 USD anuales, por lo cual se incrementaría notablemente el rendimiento económico versus los años anteriores.



RECOMENDACIONES

- Garantizar el retiro de 15m desde el cuerpo de agua estipulado en la Ley de Aguas en su Art. 9, mediante la colocación de defensas o linderos para así evitar a futuro la contaminación por actividades ganaderas; lo cual es un derecho otorgado a los dueños de predios lindantes con cauces públicos de aguas, previa la inspección y autorización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos.
- Construir la bocatoma y acueducto apropiados para la captación y transporte de agua hacia la empresa, que también constituye un derecho del concesionario para el aprovechamiento del agua, según lo determina el Art. 6 de la Ley de Aguas.
- Monitorear con periodicidad anual todos los parámetros tanto del agua cruda como del agua tratada.
- Implementar un laboratorio orientado en realizar el análisis físico- químico y microbiológico de agua en la empresa.
- Implementar puntos de control (PC) a lo largo de los diferentes procesos llevados a cabo en el proceso productivo de la empresa.
- Calcular el contenido de la dosis óptima de NaClO o implementar sistema de Cloro Gas para el proceso de desinfección.
- Adquirir equipos que permitan cuantificar concentraciones bajas de elementos que se van a controlar.
- Capacitar al personal en la importancia de realizar el control de calidad en el agua que se va a destinar para consumo humano.
- Implementar un sistema para regeneración de los filtros de Carbón activo con vapor de agua.



BIBLIOGRAFÍA

1. Adler, F. (2014.) *El Futuro del agua en Tucumán*. Yerba Buena, Tucumán, Argentina. Editorial Gustavo Sánchez (1era ed.)
2. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (2011). *Cómo Realizar Inspecciones Sanitarias en Pequeños Sistemas de Agua*. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/Inspecciones%20Sanitarias.pdf
3. Agua, N.d. (2012). *Técnicas para la enumeración de microorganismos: análisis microbiológico del agua y de otras diversas muestras*. México, México. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/P7_EnumeracionMicroorganismos_19616.pdf
4. Alvarado, D. (2009.) *Agua*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia (1era ed.) Recuperado el 28 de junio de 2017, de https://books.google.com.ec/books?id=eafu8E2PtQAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
5. Barrenechea, A. (2009). *Aspectos Fisicoquímicos de la Calidad del Agua*. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de http://www.ingenieriasanitaria.com/web15/manual1/tomo1/ma1_tomo1_cap1.pdf
6. BOECO, G. *Electrochemistry*. Alemania. Recuperado el 19 de julio de 2017, de <http://www.boeco.com/download/ELECTROCHEMISTRY.pdf>
7. Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., y Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos* (2ª ed.). México, México. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de



http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf

8. Carbajal, A., González, M. (2012.) *Propiedades y Funciones Biológicas del Agua*. Madrid, España. Recuperado el 28 de junio de 2017, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
9. Cárdenas, Y. (2000.) *Tratamiento de Agua: Coagulación y Floculación*. Recuperado el 11 de junio de 2017, de http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
10. Cardona, D. (2011). *Caracterización del Agua Cruda del Río La Vieja Como Fuente Superficial Para el Proceso de Potabilización de EMCARTAGO S.A.E.S.P.* Pereira, Colombia. Recuperado el 8 de Mayo de 2017, de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2570/62816C268c.pdf;jsessionid=CAE768622202CE39C735F990732553D7?sequence=1>
11. Carmona, F., Ferrer, A., Ibañez, J., Molina, F., Perez, F., y Piñera, A. (14 de marzo de 1999). *Moléculas: Propiedades físico- químicas del agua*. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de <https://www.um.es/molecula/sales02.htm>
12. Castellanos, M. (2011.) *Fórmula para el cálculo de poblaciones finitas*. Recuperado el 20 de abril de 2017, de <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
13. División de Salud Pública de Carolina del Norte. (2009.) *Las Bacterias Coliformes*. Recuperado el 28 de junio de 2017, de



http://epi.publichealth.nc.gov/oe/doc/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf

14. Emite. (2016.) Modelo 611-A *Aqua-Tester* con visor prismático. Brasil. Recuperado el 19 de julio de 2017, de http://www.emite.com.br/orbeco/611_a.html
15. Félez, M. (2009.) El Agua. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/01_Mem%C3%B2ria.pdf?sequence=4&isAllowed=y
16. Fuentes, F., Massol, A. (2002). Manual de Laboratorios, N. d. (2002). Parámetros Físico- Químicos: pH. Río Piedras, Puerto Rico. Recuperado el 3 de mayo de 2017, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-ph.pdf>
17. GAD MUNICIPAL CUENCA. (2017). Visor: Plan de Ordenamiento Territorial. Cuenca, Ec.: Recuperado de <http://ide.cuenca.gob.ec/geovisor/map/viewer.seam;jsessionid=MyERlrwEeZjHnsc8eAg3tDO4.undefined?param=23&mode=1>
18. Google. (s.f.).[Mapa de Parroquia Hermano Miguel, Cuenca, Ecuador en Google maps.] Recuperado el 2 de mayo de 2017, de <https://www.google.com.ec/maps/@2.8567064,78.9852993,1291m/data=!3m1!1e3>
19. HACH. (2017.) DR 6000 Espectrofotómetro UV-VIS sin RFID. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <https://latam.hach.com/dr-6000-espectrofotometro-uv-vis-sin-rfid/product-parameter-reagent?id=16076537800>
20. HACH, C . (2002.) Manual, Estándar Methods for the Examination of Water and Wastewater. Recuperado el 20 de julio de 2017.
21. HACH, C. (2005.) Manual del Usuario- *Sonda de conductividad: Modelos CDC40101, CDC40103, CDC40105, CDC40110, CDC40115 o CDC40130*. Loveland,



Colorado. Recuperado el 19 de julio del 2017, de <http://magsrl.com.ar/imagenes/hach/instrumentos/turbidimetrosportatil.pdf>

22. HACH, C. Laboratory Turbidimeter Instruction Manual Model 2100N. Loveland, Colorado.

23. HACH. (2017.) PRODUCTOS QUÍMICOS, REACTIVOS Y PATRONES HACH. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:qicxBmdz8yYJ:https://es.hach.com/asset-get.download-en.jsa%3Fcode%3D197580+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

24. INEN. (2013.) AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2169-1.pdf>

25. INEN. (2013.) AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte1/2176-1.pdf>

26. Ingeniería de Aguas Residuales: Tratamiento Físico- químico. (s.f.) En WikiBooks. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Tratamiento_f%C3%ADsico-qu%C3%ADmico

27. Innovación y Cualificación S.L. , Target asesores, S.L. (2016.) *Experto en Gestión Medio Ambiental*. Málaga, España. IC Editorial (2da Ed.)

28. Lorenzo, Y. (2006.) Estado del arte del tratamiento de aguas por coagulación-floculación. . Recuperado el 11 de octubre de 2017, de: <www.redalyc.org/pdf/2231/223120664002.pdf>

29. LOSEP. (2017.) REGLAMENTO PARA EL PAGO DE VIATICOS, SUBSISTENCIAS, MOVILIZACIONES Y ALIMENTACION, DENTRO DEL PAIS



PARA LAS Y LOS SERVIDORES Y LAS Y LOS OBREROS PUBLICOS. .

Recuperado el 20 de agosto de 2017, de http://www.evaluacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Reglamento_pago_viaticos.pdf

30. Manual de Laboratorios, N. d. (2002). Parámetros Físico- Químicos; Alcalinidad. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-alcaldinidad.pdf>

31. McFarland, M., Dozier, M. (2004.) Problemas del Agua Potable: El Hierro y el Manganese. Texas, EU. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de <http://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>

32. Miliarium, A, S.L. (2004) Fases del Ciclo de Nitrógeno. Madrid, España. Recuperado el 28 de junio de 2017, de <http://www.miliarium.com/Proyectos/Nitratos/Nitrato/CicloNitrogeno.asp>

33. Ministerio del Ambiente. (2012. Acuerdo Interministerial 002. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/WEB%20FORESTAL/Base%20Legal/Acuerdo%20Interministerial%20N%C2%BA%20002%20-%20Normativa%20para%20la%20Zonificaci%C3%B3n%20de%20predios%20para%20Forestaci%C3%B3n%20y%20Reforestaci%C3%B3n.pdf>

34. Mora, D. (2009.) *Agua*. San José, Costa Rica. Editorial EUNED (1era ed.)

35. Olivero, R., Mercado, I., Montes, L. (2013.) Remoción de la Turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago de nopal *Opuntia Ficus- indica*. Recuperado el 11 de octubre de 2017, de: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v8n1/v8n1a03.pdf>

36. Orellana, A. (2005.) Tratamiento de las Aguas. Recuperado el 17 de junio de 2017, de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_06_Tratamiento_de_Aguas.pdf



37. Organización Mundial de la Salud. (2015). “Guías Para la Calidad del Agua Potable”. Recuperado el 4 mayo de 2017, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
38. Organización Panamericana de la Salud. (2015). Procesos de Tratamiento del Agua. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec6.pdf>
39. Oropeza, V. (2004). Tratamiento de Agua Residuales. Puebla, México. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf
40. Ozono 21. (2011.) Ozono para Potabilización y Tratamiento de Agua. Recuperado el 28 de junio del 2017, de <http://www.ozono21.com/sectores-pagina/industriales/potabilizar-tratamiento-agua/27/>
41. Payeras, A. Parámetros de Calidad de las Aguas de Riego. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Color>
42. Pérez, P., Azcona, M. (2012). “Los Efectos del Cadmio en la Salud”. México, México. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
43. Plaza, M. (2015.) PROYECTO DE DISEÑO DE MICROPLANTA PURIFICADORA Y ENVASADORA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CANTÓN PEDRO CARBO. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89831/D-88055.pdf>
44. Ramalho, R. (2003.) *Tratamiento de aguas Residuales*. Barcelona, España. Editorial Reverté (2da ed.)



45. Ramirez, F. (2017.) El Agua Potable: Tratamiento del Agua. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de http://www.elaguapotable.com/tratamiento_del_agua.htm.
46. Ramirez, G. (2003.) Manejo de Lodos Producidos en la Planta de Tratamiento de Agua Potable, Planta II, del Municipio de Cartago, Valle. Recuperado el 11 de octubre de 2017, de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1149/1/guillermoandresramirezfernandez.2003.pdf>
47. Reitec. (1997). Conductividad Eléctrica. Recuperado el 7 de agosto de 2017, de <http://www.reitec.es/Pdf/agua01.pdf>
48. Reussel, A. (1989.) Métodos Normalizados para l análisis de aguas potables y residuales. Editorial Diaz de Santos, S.A. Recuperado el 7 de agosto de 2017, de https://es.scribd.com/archive/plans?doc=288385775&metadata=%7B%22context%22%3A%22archive_view_restricted%22%2C%22page%22%3A%22read%22%2C%22action%22%3Afalse%2C%22platform%22%3A%22web%22%2C%22logged_in%22%3Atrue%7D
49. Rodier, J. (1989), *Análisis del agua*. Barcelona, España: OMEGA.
50. Rodriguez, M., Lupo, U., Rojas, C., Malaver, C. (2007.) Evaluación del Proceso de la Coagulación para el Diseño de una Planta Potabilizadora. Recuperado el 11 de octubre de 2017, de: <http://www.redalyc.org/html/304/30401102/>
51. Rojas, R. (2002.) GUÍA PARA LA VIGILANCIA Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO. Lima, Perú. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf



- 52.** Romero, M. (2008). Tratamientos Utilizados en Potabilización del Agua. Guatemala, Guatemala. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de http://www.fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin08/URL_08_ING02.pdf
- 53.** Sermed, I. (2003). MEDIDOR DE RESISTENCIA/CONDUCTIVIDAD DE MESA DE PH/ORP MODELO BT-600. Lima, Perú. Recuperado el 20 de julio de 2017, de <http://sermedingenieros.com/wp-content/uploads/2014/11/cat-agitador-boeco.pdf>
- 54.** SENAGUA. (2017.) Acuerdo 2017: 0010. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/2017-0010_acuerdo_reformatoria_2017-1522_tarifas.pdf
- 55.** SENAGUA. (2013.) DEL REGLAMENTO GENERAL PARA LA APLICACION DE LA LEY DE AGUAS. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/REGLAMENTO-LEY-DE-AGUAS-VIGENTE.pdf>
- 56.** SENAGUA. (2014.) Codificación 16, Registro Oficial 339 de 20 de Mayo del 2004. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de https://www.utpl.edu.ec/obsa/wp-content/uploads/2012/09/ley_aguas.pdf
- 57.** SENAGUA. (2009.) REGLAMENTO DE TARIFAS POR SERVICIOS PRESTADOS POR SENAGUA. Recuperado el 20 de agosto de 2017, de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Reglamento-Servicios-Prestados-SENAGUA.pdf>
- 58.** Silva, J., Ramirez, L., Alfieri, A., Rivas, G., y Sánchez, M.(2004). Scientific Electronic Library Online. Caracas, VE.: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562004000100008



- 59.** Slideflix, N. Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del número más probable. Recuperado el 25 de julio de 2017, de <http://slideflix.net/doc/176336/nte-inen-1529-6--control-microbiol%C3%B3gico-de-los>
- 60.** Standard Methods. (2005.) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_4000-6000.pdf
- 61.** Tripod. (2014.) Determinación de Color escala Pt- Co. México. Recuperado el 19 de julio de 2017, de <http://arturobola.tripod.com/color.htm#>
- 62.** Universidad Politécnica de Cartagena. N. d. (2008). “Análisis de Aguas”. Cartagena, Colombia. Recuperado el 4 de mayo de 2017, de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- 63.** Universidad de Salamanca. (2014.) Curso a distancia, Potabilizadoras. Recuperado el 16 de mayo de 2017, de <http://cidta.usal.es/cursos/etap/?428,37>
- 64.** Zumaeta, M. (2004). Manual Para Análisis Básicos de Calidad del Agua de Bebida. Lima, Perú. Recuperado el 11 de mayo de 2017, de <http://www.elaguapotable.com/manual%20analisis%20basicos%20CA.pdf>



ABREVIATURAS

- **A.C:** Agua Cruda.
- **A.P:** Agua Potable.
- **DPO:** Diagrama de Proceso Operativo.
- **CF:** Coliformes Fecales.
- **E. Coli:** Escherichia coli.
- **EDTA:** Ácido etilendiaminotetraacético.
- **EPA:** Environmental Protection Agency.
- **II:** Intercambio Iónico.
- **NTE INEN:** Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- **NET:** Negro de eriocromo T.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **RTE INEN:** Reglamento Técnico Ecuatoriano del Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- **SDT:** Sólidos disueltos totales.
- **SS:** Sólidos suspendidos.
- **T:** Temperatura .
- **UV:** Ultravioleta.



UNIDADES DE MEDIDA

- °C: Grados Celsius
- **Atm**: atmósferas
- **Cal**: calorías
- **cm**: centímetros
- **Kg**: Kilogramos
- **l**: litros
- **mg**: miligramos
- **mS**: milisiemens
- **M³**: metros cúbicos
- **N**: Normalidad
- **ND**: No detectado
- **NMP**: Número más probable
- **NTU**: Unidades turbidimétricas nefelométricas
- **ppm**: partes por millón
- **UC (Pt- Co)**: Unidades de color platino- cobalto
- **UFC**: Unidades formadoras de colonias.
- **UTC**: Unidades técnicas de color
- **μS**: microsiemens



GLOSARIO

- **Acuoso:** Se refiere en un sentido a toda sustancia que sea predominantemente líquida o en medio líquido.
- **Alguicida:** Dicho de un producto que elimina las algas o impide su desarrollo.
- **Apolar:** Referido a las moléculas en las cuales su momento dipolar es igual, produciéndose así la anulación de las fuerzas de electronegatividad.
- **Átomo:** Porción material menor de un elemento químico que interviene en las reacciones químicas.
- **Bactericida:** Efecto produce la muerte a una bacteria. Estos pueden ser sustancias desinfectantes, antisépticos o antibióticos.
- **Cohesionen:** Atracción entre moléculas adyacentes dentro de un mismo cuerpo que mantiene unidas las partículas de una sustancia.
- **Complejo:** En química, es el producto de reacción entre un ácido y una base de Lewis, compuesto de un átomo central (receptor) y de grupos ligados (dadores de pares electrónicos).
- **Corrosión:** Reacción química o electroquímica (oxidación) del metal y sus propiedades por contacto con el medio ambiente o fluidos salinos.
- **Cribado:** Proceso de separación mediante el cual se hace pasar un material por medio de una malla de acero tejida a fin de clasificarla.
- **Desbaste:** Proceso físico que permite separar y evacuar las materias voluminosas o de gran tamaño arrastradas por el agua bruta.
- **Dicloraminas:** Sustancias formadas mediante reacción del cloro y amonio. Son aminas que contienen al menos un átomo de cloro unido a átomos de nitrógeno.
- **Dipolar:** Es la magnitud de polaridad de un enlace, se origina cuando dos átomos se hallan enlazados químicamente y sus electronegatividades son distintas, dando lugar a dos cargas opuestas en el enlace.
- **Efluente:** Residuos líquidos que pueden estar mezclados con sólidos, resultan de la combinación de desechos arrastrados por el agua procedente de establecimientos industriales, comerciales o viviendas.
- **Electronegatividad:** Capacidad de un elemento para atraer electrones hacia su núcleo.



- **Floc:** Grumo que se produce por la aglomeración de sólidos en suspensión SS producto de procesos de coagulación y floculación.
- **Glúcidos:** Compuestos orgánicos, se los conoce como hidratos de carbono o azúcares.
- **Hidroliza:** Es la ruptura o disociación entre una molécula de agua y otra molécula
- **In situ:** Expresión que significa “en el lugar” para designar un fenómeno o una manipulación realizada en el lugar.
- **Incrustaciones:** Proceso en el cuál el material no deseado se deposita sobre una superficie en presencia o no de un gradiente de temperatura.
- **Inmiscible:** Se refiere a que un líquido es incapaz de ser mezclado sin la separación de fases.
- **Parámetros organolépticos:** Conjunto de características físicas que pueden ser evaluadas por el conjunto de análisis sensorial (visual, olfativo, gustativo, táctil).
- **Patógenos:** Son agentes que pueden causar enfermedades como virus, bacterias u otros.
- **Refracción:** Cambio de dirección de un rayo de luz u otra radiación que se produce al pasar oblicuamente de un medio a otro de distinta densidad.
- **Titulometría:** La determinación de la concentración de un determinado componente en solución (el analito) mediante la adición de un reactivo líquido de la fuerza conocida (valorante) hasta que se llegó al punto de equivalencia (cuando los reactivos están presentes en proporciones estequiométricas).



ANEXOS

ANEXO 1: CRONOGRAMA DE MUESTREO

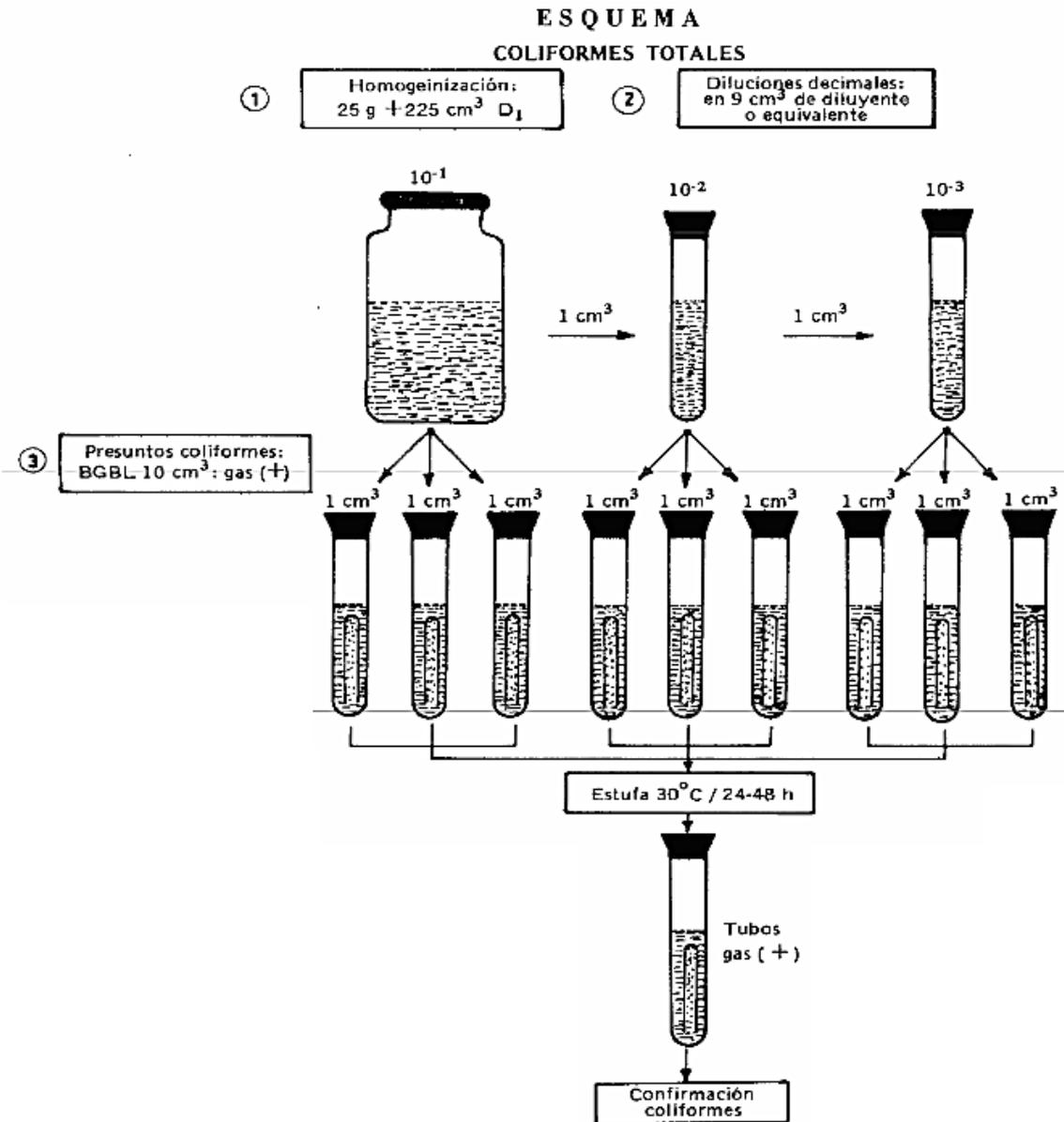
MUESTRAS	ABRIL		MES DE MAYO DE 2017									
	4TA SEMANA		1ERA SEMANA		2DA SEMANA		3RA SEMANA		4TA SEMANA		5TA SEMANA	
	LUNES 24	MIERCOLES 26	LUNES 1	MIERCOLES 3	LUNES 8	MIERCOLES 10	LUNES 15	MIERCOLES 17	LUNES 22	MIERCOLES 24	LUNES 29	MIERCOLES 31
NÚMERO DE MUESTRAS												
AGUA CRUDA DE VERTIENTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AGUA CRUDA ENTUBADA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL DE MUESTRAS	4		4		4		4		4		4	

MUESTRAS	MES DE JUNIO DE 2017								MES DE JULIO			
	1ERA SEMANA		2DA SEMANA		3RA SEMANA		4TA SEMANA		1ERA SEMANA		2DA SEMANA	
	LUNES 5	MIERCOLES 7	LUNES 12	MIERCOLES 14	LUNES 19	MIERCOLES 21	LUNES 26	MIERCOLES 28	LUNES 3	MIERCOLES 5	LUNES 10	MIERCOLES 12
NÚMERO DE MUESTRAS												
AGUA CRUDA DE VERTIENTE	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AGUA CRUDA ENTUBADA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL DE MUESTRAS	4		4		4		4		4		4	



MUESTRAS	MES DE JULIO					MES DE AGOSTO		
	3ERA SEMANA		4TA SEMANA		5TA SEMANA	1ERA SEMANA	2DA SEMANA	
	LUNES 17	MIERCOLES 19	LUNES 24	MIERCOLES 26	LUNES 31	MIERCOLES 2	LUNES 7	MIERCOLES 9
NÚMERO DE MUESTRAS								
AGUA CRUDA DE VERTIENTE	1	1	1	1	1	1	1	1
AGUA CRUDA ENTUBADA	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL DE MUESTRAS	4		4		4		4	

ANEXO 2: ESQUEMA PRÁCTICO PARA DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES





ANEXO 3: CUADRO DE DATOS

Tabla 26: Resultados obtenidos del análisis físico químico

AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8
Temperatura °C	16,00	17,00	17,00	17,50	17,00	17,00	16,50	16,00
pH	7,13	7,21	7,46	7,28	7,33	7,39	7,39	7,47
Turbidez NTU	0,946	0,797	1,520	1,460	1,280	1,390	1,200	1,310
Color UC Pt-Co	5	5	5	5	5	5	5	5
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	881	912	860	870	870	872	852	840
SDT mg/l	489	496	497	497	499	498	499	498
Alcalinidad Total mg/l	6,20	7,10	7,10	6,85	6,80	6,85	6,80	6,95
Dureza total mg/l	7,15	6,05	6,00	5,85	5,80	5,95	5,95	5,80
Nitritos mg/l	0,011	0,003	0,100	0,003	0,005	0,006	0,002	0,006
Nitratos mg/l	4,6	4,2	2,7	3	4,8	4,2	4	3,9
Sulfatos mg/l	27	38	38	31	41	41	43	40
Metales								
Fe mg/l	0,03	0,02	0,12	0,02	0,09	0,09	0,09	0,06
Cd mg/l	ND							



AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 9	MUESTRA 10	MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 13	MUESTRA 14	MUESTRA 15	MUESTRA 16
Temperatura °C	17,20	17,30	17,00	17,00	16,15	17,00	17,00	16,75
pH	7,36	7,41	7,35	7,13	7,22	7,23	7,15	7,36
Turbidez NTU	1,710	1,300	1,490	14,900	8,750	2,360	7,040	1,990
Color UC Pt-Co	5	5	5	75	23	10	25	5
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	863	880	872	736	819	846	815	845
SDT mg/l	499	497	499	425	488	492	476	497
Alcalinidad Total mg/l	6,85	6,95	6,95	6,35	6,85	6,95	7,00	5,90
Dureza total mg/l	5,80	5,95	6,00	5,00	5,85	5,85	5,75	4,85
Nitritos mg/l	0,002	0,012	0,013	0,112	0,171	0,008	0,060	0,140
Nitratos mg/l	2,6	4	5,8	4,6	6,6	6,1	4,6	3,6
Sulfatos mg/l	36	33	38	26	36	37	34	35
Metales								
Fe mg/l	0,07	0,07	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,15
Cd mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 17	MUESTRA18	MUESTRA 19	MUESTRA 20	MUESTRA 21	MUESTRA 22	MUESTRA 23	MUESTRA 24
Temperatura °C	17,10	17,25	17,10	19,50	18,00	17,00	17,90	17,50
pH	7,35	7,29	7,23	7,34	7,32	7,32	7,22	7,32
Turbidez NTU	2,180	4,840	2,690	1,220	1,440	1,280	1,400	1,310
Color UC Pt-Co	5	23	5	3	8	5	5	5
Conductividad µs/cm	858	839	856	859	853	851	851	871
SDT mg/l	495	480	494	493	497	498	494	497
Alcalinidad Total mg/l	6,75	5,75	6,90	6,70	6,90	7,05	6,75	6,65
Dureza total mg/l	5,60	4,55	3,30	5,05	4,45	3,40	5,50	6,05
Nitritos mg/l	0,108	0,120	0,111	0,058	0,211	0,074	0,007	0,006
Nitratos mg/l	3,4	4,5	3,7	4,5	6,1	5,1	2,7	5,2
Sulfatos mg/l	36	35	32	42	36	37	39	38
Metales								
Fe mg/l	0,06	0,06	0,09	0,07	0,12	0,03	0,02	0,02
Cd mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0



AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 25	MUESTRA 26	MUESTRA 27	MUESTRA 28	MUESTRA 29	MUESTRA 30	MUESTRA 31	MUESTRA 32
Temperatura °C	16,00	1,50	15,75	16,10	16,10	15,80	16,00	1610
pH	7,40	7,20	7,10	7,10	7,00	7,00	7,00	7,10
Turbidez NTU	1,140	0,806	0,725	9,680	5,930	5,300	5,740	3,250
Color UC Pt-Co	3	3	3	40	13	8	25	13
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	726	844	843	705	898	892	696	854
SDT mg/l	491	512	495	394	500	501	394	478
Alcalinidad Total mg/l	6,6	6,7	6,5	5,4	6,7	6,5	5	6,1
Dureza total mg/l	6,25	6,30	5,65	5,15	6,1	5,00	5,00	5,4
Nitritos mg/l	0,008	0,006	0,005	0,005	0,129	0,036	0,011	0,095
Nitratos mg/l	6,5	6,9	6,6	4,2	5,7	6,3	4,2	5,1
Sulfatos mg/l	41	44	35	32	37	36	27	36
Metales								
Fe mg/l	0,09	0,07	0,04	0,27	0,07	0,08	0,24	0,21
Cd mg/l	ND	0						



AGUA CRUDA ZONA 2 (EN TUBERÍA DE ENTRADA A LA EMPRESA)								
PARÁMETROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8
Temperatura °C	16,00	17,00	17,00	17,5,	17,00	17,00	16,50	16,00
pH	7,10	7,20	7,40	7,20	7,30	7,30	7,30	7,40
Turbidez NTU	0,947	0,801	1,524	1,462	1,282	1,392	1,201	1,312
Color UC Pt-Co	8	8	8	8	8	8	8	8
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	888	913	868	872	876	871	852	845
SDT mg/l	493	498	498	499	498	501	500	498
Alcalinidad Total mg/l	7.00	7,10	7,10	6,85	6,80	6,85	6,80	6,95
Dureza total mg/l	7,15	5,75	5,80	5.85	5,80	5,95	5,95	5,80
Nitritos mg/l	0,004	0,004	0,090	0,003	0,005	0,005	0,002	0,004
Nitratos mg/l	5,5	4,4	3,3	3	3,4	5,5	3,1	3
Sulfatos mg/l	33	36	29	31	40	32	42	42
Metales								
Fe mg/l	0,04	0,03	0,11	0,02	0,09	0,08	0,08	0,06
Cd mg/l	ND							



AGUA CRUDA ZONA 2 (EN TUBERÍA DE ENTRADA A LA EMPRESA)								
PARÁMETROS	MUESTRA 9	MUESTRA 10	MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 13	MUESTRA 14	MUESTRA 15	MUESTRA 16
Temperatura °C	17,20	17,30	17,00	17,00	16,15	17,00	17,00	16,75
pH	7,30	7,30	7,30	7,10	7,10	7,20	7,10	7,30
Turbidez NTU	1,712	1,303	1,493	14,901	8,752	2,363	7,042	1,994
Color UC Pt-Co	5	5	5	75	23	10	25	5
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	861	870	872	737	818	848	817	844
SDT mg/l	499	498	499	423	486	494	477	497
Alcalinidad Total mg/l	6,85	6,95	6,95	6,35	6,85	6,95	7,00	5,90
Dureza total mg/l	5,80	5,95	6,00	5,00	5,85	5,85	5,75	4,85
Nitritos mg/l	0,002	0,015	0,011	0,096	0,182	0,006	0,051	0,200
Nitratos mg/l	2	3,7	5,1	3,7	5,3	5,2	4,2	2,4
Sulfatos mg/l	33	30	37	31	37	34	31	33
Metales								
Fe mg/l	0,07	0,07	0,05	0,08	0,07	0,08	0,06	0,12
Cd mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



AGUA CRUDA ZONA 2 (EN TUBERÍA DE ENTRADA A LA EMPRESA)								
PARÁMETROS	MUESTRA 17	MUESTRA18	MUESTRA 19	MUESTRA 20	MUESTRA 21	MUESTRA 22	MUESTRA 23	MUESTRA 24
Temperatura °C	17,10	17,25	17,10	19,50	18,00	17,00	17,90	17,50
pH	7,30	7,20	7,20	7,30	7,30	7,30	7,20	7,30
Turbidez NTU	2,184	4,842	2,694	1,224	1,441	1,283	1,402	1,313
Color UC Pt-Co	5	23	5	3	8	5	5	5
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	856	841	859	851	852	855	853	870
SDT mg/l	497	483	496	498	498	498	494	496
Alcalinidad Total mg/l	6,75	5,75	6,90	6,70	6,90	7,05	6,75	6,65
Dureza total mg/l	5,60	4,55	3,30	5,05	4,45	3,30	5,50	6,00
Nitritos mg/l	0,108	0,120	0,111	0,058	0,211	0,074	0,007	0,006
Nitratos mg/l	3,40	4,50	3,70	4,50	6,10	5,10	2,70	5,20
Sulfatos mg/l	36	35	32	42	36	37	39	38
Metales								
Fe mg/l	0,07	0,07	0,09	0,08	0,12	0,04	0,03	0,02
Cd mg/l	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND



AGUA CRUDA ZONA 2 (EN TUBERÍA DE ENTRADA A LA EMPRESA)								
PARÁMETROS	MUESTRA 25	MUESTRA 26	MUESTRA 27	MUESTRA 28	MUESTRA 29	MUESTRA 30	MUESTRA 31	MUESTRA 32
Temperatura °C	16,54	16,34	15,97	16,51	16,32	16,51	16,63	16,64
pH	7,43	7,21	7,16	7,18	7,03	7,09	7,09	7,17
Turbidez NTU	1,141	0,810	0,729	9,682	5,933	5,302	5,741	3,252
Color UC Pt-Co	3	3	3	40	13	8	25	13
Conductividad $\mu\text{s/cm}$	733	845	851	707	904	891	696	859
SDT mg/l	847	510	494	392	501	498	393	478
Alcalinidad Total mg/l	6,60	6,70	6,50	5,40	6,70	6,50	5,10	6,10
Dureza total mg/l	6,25	6,30	5,65	5,15	6,10	5,10	5,00	5,50
Nitritos mg/l	0,009	0,004	0,004	0,005	0,047	0,047	0,020	0,111
Nitratos mg/l	6,7	7,1	6,9	4,3	5,8	6,3	4,3	5,4
Sulfatos mg/l	47	42	28	32	36	31	26	38
Metales								
Fe mg/l	0,10	0,08	0,02	0,27	0,04	0,04	0,21	0,19
Cd mg/l	ND							



Tabla 27: Resultados obtenidos del Análisis Microbiológico

AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	MUESTRA 5	MUESTRA 6	MUESTRA 7	MUESTRA 8
Coliformes Totales	500	500	1100	210	21	200	200	90
Coliformes Fecales (Escherichia Coli)	4	15	7	>3	21	40	7	0
Aerobios Mesófilos	150	250	1050	650	50	250	450	150
AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 9	MUESTRA 10	MUESTRA 11	MUESTRA 12	MUESTRA 13	MUESTRA 14	MUESTRA 15	MUESTRA 16
Coliformes Totales	90	500	210	1100	210	210	200	20
Coliformes Fecales (Escherichia Coli)	11	>3	21	>3	7	210	90	>3
Aerobios Mesófilos	>3	150	600	4050	2250	800	750	1100
AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 17	MUESTRA 18	MUESTRA 19	MUESTRA 20	MUESTRA 21	MUESTRA 22	MUESTRA 23	MUESTRA 24
Coliformes Totales	150	1100	210	1100	1100	500	1100	21
Coliformes Fecales (Escherichia Coli)	21	>3	20	20	11	90	210	7
Aerobios Mesófilos	100	600	300	1350	550	250	100	200



AGUA CRUDA ZONA 1 (CUERPO DE AGUA VERTIENTE SAN ANDRES)								
PARÁMETROS	MUESTRA 25	MUESTRA25	MUESTRA 26	MUESTRA 27	MUESTRA 21	MUESTRA 22	MUESTRA 23	MUESTRA 24
Coliformes Totales	150	21	70	1100	500	200	90	15
Coliformes Fecales (Escherichia Coli)	14	21	15	70	20	23	21	9
Aerobios Mesófilos	3000	2050	700	950	5800	3600	2150	1650

ANEXO 4: RESPALDOS FOTOGRÁFICOS



Fotografía N°1: Punto de muestreo de agua cruda en la vertiente natural de agua San Andrés- Patamarca



Fotografía N°2: Cuerpo de agua de la vertiente natural de agua San Andrés- Patamarca.



Fotografía N°3: Geografía del lugar de muestreo en la vertiente natural de agua San Andrés- Patamarca.



Fotografía N°4: pH metro Waterproof 0-35



Fotografía N°5: Calibración de pH- metro con soluciones buffer.



Fotografía N°6: Medición de temperatura y pH en muestras.



Fotografía N°7: Turbidímetro HACH Modelo 2100N



Fotografía N°8: Cubeta para muestras de turbiedad.



Fotografía N°9: Lectura de turbidez en equipo.



Fotografía N°10: Preparación de muestras para determinación de alcalinidad total.



Fotografía N°11: Titulación para determinación de alcalinidad total.



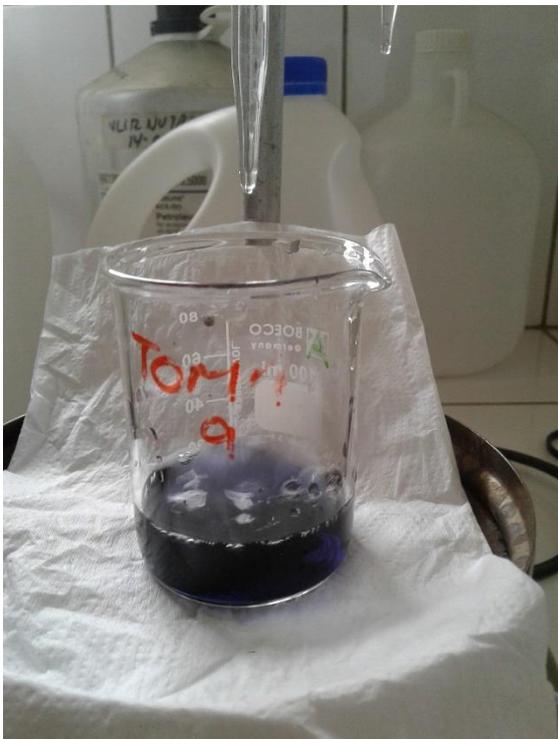
Fotografía N°12: Determinación de alcalinidad asistido con pH- metro digital BOECO BT- 600



Fotografía N°13: Titulación en la determinación de dureza total.



Fotografía N°14: Determinación de dureza total antes del viraje.



Fotografía N°15: Determinación de dureza total luego del viraje.



Fotografía N°16: Colorímetro Orbeco-Hellige 611-A Aqua Tester



Fotografía N°17: Inspección previa del color de agua destilada y muestra.



Fotografía N°18: Disposición de tubos Nessler con muestra en quipo de colorimetría.



Fotografía N°19: Observación y comparación de color en muestra.



Fotografía N°20: Laboratorio de Análisis de la Calidad de Aguas. Balzayn.



Fotografía N°21: Conductímetro HACH SENSIÓN 5 con electrodo de 1M.



Fotografía N°22: Medición de la conductividad en muestra.



Fotografía N°23: Medición de SDT en muestra.



Fotografía N°24: Tubos de ensayo cónico graduado para muestras en determinación por espectrofotometría.



Fotografía N°25: Pipeteo de muestras.



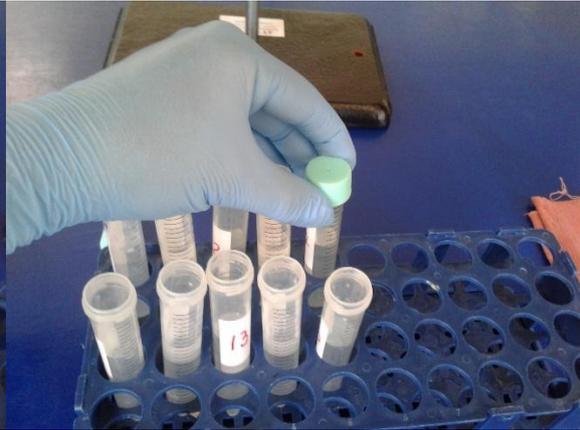
Fotografía N°26: Reactivos HACH para espectrofotometría.



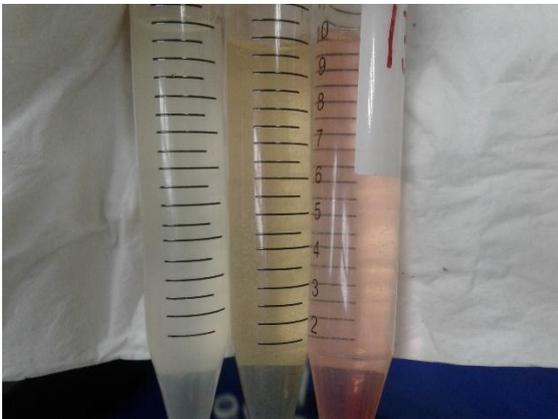
Fotografía N°27: Modo de corte de sobre HACH.



Fotografía N°28: Modo de agregar el reactivo a tubos con muestra.



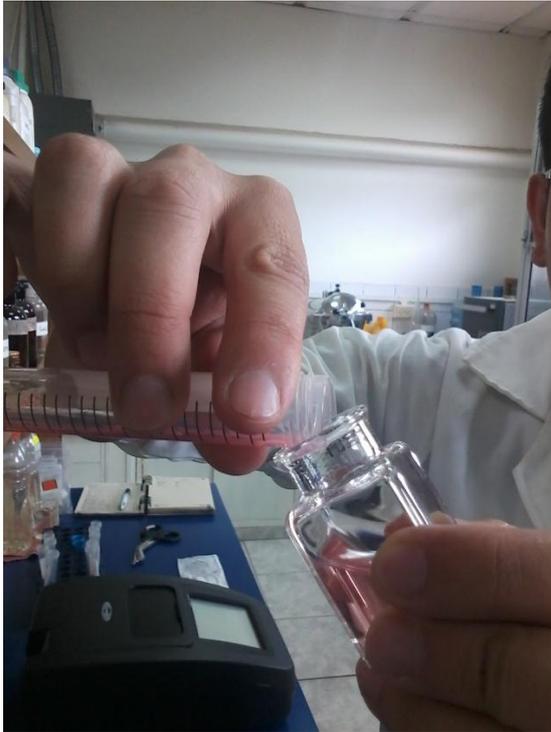
Fotografía N°29: Momento de tapar y agitar a tubos con muestras y reactivo.



Fotografía N°30: Coloración de muestras luego de adición del reactivo HACH.



Fotografía N°31: Coloración de muestras luego de adición del reactivo HACH.



Fotografía N°32: Traspaso de tubo con muestra a la cubeta de espectrofotetría.



Fotografía N°33: Comparación de color entre blanco y muestra con reactivo HACH para nitritos.



Fotografía N°34: Comparación de color entre blanco y muestra con reactivo HACH para nitratos.



Fotografía N°35: Momento de insertar la cubeta en la celda de medición.



Fotografía N°36: Selección del parámetro a medir en pantalla de espectrofotómetro DR 2800.



Fotografía N°37: Medición de analitos.



Fotografía N°38: Operador al momento de lectura en espectrofotómetro.



Fotografía N°39: Operador al momento de lectura en espectrofotómetro.



Fotografía N°40: Preparación de muestra en determinación de cadmio por el método de ditizona.



Fotografía N°41: Preparación de muestra en determinación de cadmio por el método de ditizona.



Fotografía N°42: Preparación de muestra en determinación de cadmio por el método de ditizona.



Fotografía N°43: Reactivo citrato para metales pesados en determinación de cadmio.



Fotografía N°44: Selección del programa y medición de cadmio por espectrofotometría.



Fotografía N°45: Preparación de tubos con medio de cultivo lauril triptosa.



Fotografía N°46: Medio de caldo de Lauril Triptosa para coliformes totales y Medio de caldo de Verde Billante para coliformes fecales.



Fotografía N°47: Preparación del caldo de cultivo en la determinación de coliformes.



Fotografía N°48: Momento de pipetear caldo de cultivo y adicionar a tubos de ensayo con campana Durham.



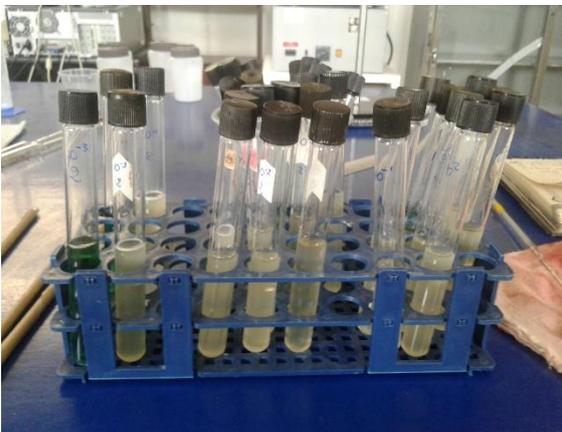
Fotografía N°49: Momento de pipetear caldo de cultivo y adicionar a tubos de ensayo con campana Durham.



Fotografía N°50: (Fase presuntiva) Inoculación de tubos con caldo de cultivo con muestra.



Fotografía N°51: Incubación en estufa a 37°C de tubos inoculados.



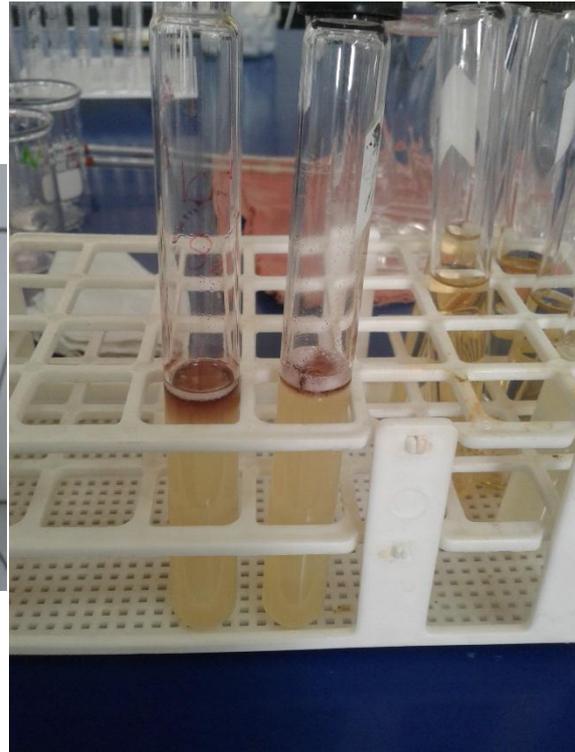
Fotografía N°52: Verificación de tubos positivos para coliformes totales y fecales.



Fotografía N°53: Comparación de actividad microbiológica en tubos inoculados.



Fotografía N°54: Comparación de tubo inoculado con actividad microbiológica y tubo sin actividad microbiológica.



Fotografía N°55: (Fase confirmatoria) Reacción de tubo inoculado con actividad microbiológica y resultado positivo.



Fotografía N°56: (Fase confirmatoria) Comparación de actividad positiva microbiológica para coliformes fecales.



Fotografía N°57: Caja Petri de laboratorio inoculada con muestra positivo para aerobios mesófilos.



Fotografía N°58: Cajas Petri de laboratorio.



Fotografía N°59: Caja Petri de laboratorio inoculada con muestra positivo para aerobios mesófilos.



Fotografía N°60: Almacenamiento y refrigeración a 6°C de tubos con caldo de cultivo y cajas Petri sin inocular.



Fotografía N°61: Incubación de muestras microbiológicas en estufa a 37°C.



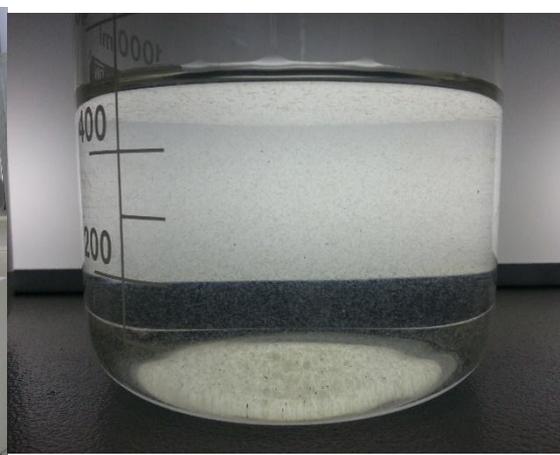
Fotografía N°62: Prueba de Jarras en Equipo Orbeco Helligue para 4 litros.



Fotografía N°63: Equipo de Jarras Orbeco Helligue.



Fotografía N°64: Operador en Equipo de Jarras Orbeco Helligue.



Fotografía N°65: Sedimentación de flóculos en vaso de precipitación luego de mezcla rápida, adición de floculante y coagulante.



Universidad de Cuenca

ANEXO 5: REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO INEN 055: 2011



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 055:2011

AGUAS ENVASADAS. REQUISITOS.

Primera Edición

PACKED PURIFICATE WATER. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas, bebidas no alcohólicas, aguas envasadas, requisitos.
AL: 04.04-001
CDU: 663.64
CIIU: 3134
ICS: 67.160.20

Autor: Carlos Fernando Villa



INSTITUTO ECUATORIANO DE
NORMALIZACIÓN



Que, es necesario garantizar que la información suministrada a los consumidores sea clara, concisa, veraz, verificable y que ésta no induzca a error al consumidor;

Que, el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN siguiendo el trámite reglamentario establecido en el artículo 29 de la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, formuló el Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano. "Aguas envasadas. Requisitos".

Que, el Directorio del INEN en sus sesiones llevadas a cabo el 28 de noviembre y 17 de diciembre de 2010, conoció y aprobó la NOTIFICACIÓN del mencionado Reglamento;

Que, en conformidad con el Artículo 2, numeral 2.9.2 del Acuerdo de Obstáculos Técnicos al Comercio de la OMC, y el Artículo 11 de la Decisión 562 de la Comisión de la Comunidad Andina, CAN, este reglamento fue notificado a la OMC en 2011-02-11 y a la CAN en el 2011-02-01 a través del Punto de Contacto y a la fecha se han cumplido los plazos preestablecidos para este efecto;

Que, por disposición del Ministerio de Industrias y Productividad, el Subsecretario de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica debe proceder a la oficialización con el carácter de OBLIGATORIO, mediante su promulgación en el Registro Oficial; y,

En ejercicio de las facultades que le concede la Ley.

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º: Oficializar con el carácter de OBLIGATORIO el siguiente:

REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 056
"AGUAS ENVASADAS. REQUISITOS".

1. OBJETO

1.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir las aguas envasadas, con la finalidad de prevenir los riesgos para la salud y la vida de las personas y evitar prácticas que puedan inducir a error o confusión al consumidor.

2. CAMPO DE APLICACION

2.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano aplica a los siguientes productos que se elaboran a nivel nacional, importen o se comercialicen en el Ecuador:

2.1.1 Agua mineral natural

2.1.2 Agua mineral no envasada en la fuente

2.1.3 Agua purificada envasada

2.2 Este Reglamento no aplica para las aguas potables

2.3 Estos productos se encuentran comprendidos en la siguiente clasificación arancelaria:



INSTITUTO ECUATORIANO DE
NORMALIZACIÓN



CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
22.01	Agua, incluidas el agua mineral natural o artificial y la gaseada, sin adición de azúcar u otro edulcorante ni aromatizada; hielo y nieve.
2201.10.00 .00	- Agua mineral y agua gaseada
2201.90.00 .00	- Los demás

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de este Reglamento Técnico Ecuatoriano, se adoptan las definiciones contempladas en las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 2178, 2179 y 2200.

4. DISPOSICIONES GENERALES SE APRUEBA

4.1 Las Instalaciones destinadas a la producción de las aguas deben cumplir con el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

4.2 Si durante la producción se comprueba que el agua está contaminada, el productor debe suspender todas las operaciones hasta que se haya eliminado la causa de la contaminación.

4.3 Una vez envasadas las aguas, los cierres utilizados deben ser herméticos y garantizar que el envase no ha sido abierto después de llenado y antes de la venta al consumidor.

4.4 Aguas minerales

4.4.1 La fuente o el punto de emergencia de las aguas minerales debe estar protegido contra los riesgos de contaminación.

4.4.2 El agua se debe recoger en condiciones que garanticen la inocuidad microbiológica original y la composición química en sus constituyentes esenciales.

4.4.3 Los tanqueros para el transporte de agua mineral a las plantas de envasado, deben ser diseñados de manera que prevengan la adulteración y la contaminación.

4.4.4 Se deben colocar sellos de seguridad numerados o codificados en todas las válvulas, agujeros de hombre y agujeros de venteo de los tanqueros, para asegurar la inviolabilidad del agua mineral.

5. CLASIFICACIÓN

5.1 Las aguas minerales naturales de acuerdo con el contenido de gas carbónico, se clasifican en:

- 5.1.1 Agua mineral natural carbonatada
- 5.1.2 Agua mineral natural no carbonatada
- 5.1.3 Agua mineral natural reforzada con gas de la fuente
- 5.1.4 Agua mineral natural con adición de gas carbónico
- 5.1.5 Agua mineral natural descarbonatada



5.2 Las aguas minerales no envasadas en la fuente, de acuerdo al contenido de gas carbónico, se clasifican en:

5.2.1 Agua mineral no carbonatada

5.2.2 Agua mineral con adición de gas carbónico

5.2.3 Agua mineral descarbonatada

5.3 Las aguas purificadas envasadas se clasifican en:

5.3.1 Agua purificada

5.3.2 Agua purificada mineralizada

6. REQUISITOS DEL PRODUCTO

6.1 Aguas minerales

6.1.1 Un agua mineral natural tal como se presenta a la salida de la fuente no debe ser objeto de ningún tratamiento o adición que los señalados en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2178.

6.1.2 Las aguas minerales no deben contener, de las sustancias que se indican a continuación, cantidades superiores a las siguientes:

	LÍMITE MÁXIMO
Antimonio	0,005 mg/l
Arsénico	0,01 mg/l (calculado como As total)
Bario	0,7 mg/l
Borato	5,0 mg/l (calculado como B)
Cadmio	0,003 mg/l
Cromo	0,05 mg/l (calculado como Cr total)
Cobre	1 mg/l
Cianuro	0,07 mg/l (calculado como CN)
Fluoruro	1,5 mg/l
Plomo	0,01 mg/l
Manganeso	0,4 mg/l
Mercurio	0,001 mg/l
Níquel	0,02 mg/l
Nitrato	50 mg/l (calculado como nitrato)
Nitrito	0,1 mg/l (calculado como nitrito)
Selenio	0,01 mg/l



6.1.3 Las aguas minerales deben cumplir con los siguientes requisitos de inocuidad:

Requisito	Límite máximo
<i>E. coli</i> o termotolerantes coliformes bacterias, UFC/ 250 cm ³	1
Bacterias coliformes (total), UFC/ 250 cm ³	1
<i>Streptococcus</i> fecales, UFC/ 250 cm ³	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , UFC/ 250 cm ³	1
Bacterias anaerobias reductoras de sulfito, UFC/ 250 cm ³	1

6.2 Aguas purificadas envasadas

6.2.1 El agua previa al proceso de purificación debe cumplir con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108.

6.2.2 El agua purificada debe cumplir con los requisitos físico químicos indicados a continuación:

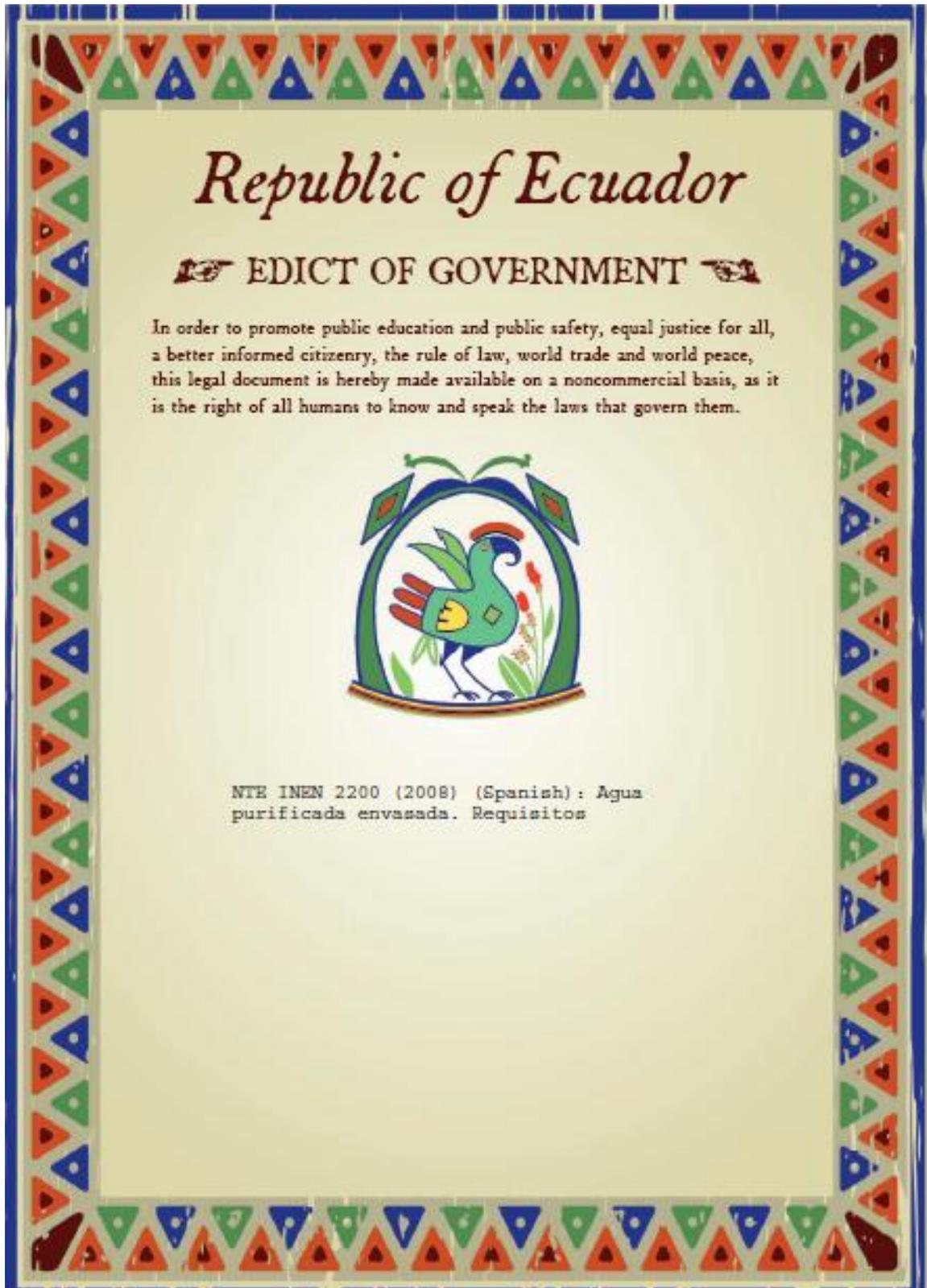
REQUISITOS	Mínimo	Máximo
Color expresado en unidades de color verdadero (UTC)	-	5
Turbiedad expresada en unidades nefelométricas de turbiedad NTU	-	3
Sólidos totales disueltos expresados en mg/l:		
- Agua purificada envasada	-	500
- Agua purificada mineralizada envasada	250	1 000
pH a 20°C :		
- no carbonatada,	6,5	8,5
- carbonatada,	4,0	8,5
- proceso de ósmosis y destilación	5,0	7,0
Cloro libre residual, mg/l	0,0	0,0
Dureza, CaCO ₃ , mg/l	-	300
Olor y sabor	Inobjetable	

6.2.3 El agua purificada envasada o el agua purificada mineralizada envasada debe cumplir con los requisitos de inocuidad indicados a continuación.

	Límite máximo
Aerobios mesófilos, UFC/ml	1,0 x 10 ³
Coliformes NMP/100 ml	< 1,8
Coliformes UFC/100ml	< 1,0 x 10 ²
NOTA: Los valores < 1,8 y < 1,0 x 10 ² significan ausencia, o no detectables	



ANEXO 6: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2200 (2008)





Universidad de Cuenca



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 200:2008
Primera revisión

AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS.

Primera Edición

PACKED PURIFICATE WATER. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas, bebidas no alcohólicas, aguas.
AL 04.04-405
CDU: 614.777.620.113
CBIJ-4200
ICS: 67.160.20



CDU: 814.777.820.113
ICS: 87.160.20



CIU: 4200
AL 04.04-405

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria</p>	<p>AGUA PURIFICADA ENVASADA. REQUISITOS.</p>	<p>NTE INEN 2 200:2008 Primera revisión 2008-08</p>
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua purificada envasada para consumo humano.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica también a las aguas purificadas mineralizadas envasadas, se excluyen las aguas minerales naturales, las aguas de fuente y las aguas purificadas de uso farmacéutico.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Agua purificada envasada. Se considera agua purificada envasada, carbonatada o no, a las aguas destinadas al consumo humano que sometidas a un proceso fisicoquímico y de desinfección de microorganismos, cumple con los requisitos establecidos en esta norma y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimentario.</p> <p>3.2 Agua purificada mineralizada envasada. Se entiende al producto elaborado con agua purificada adicionada de minerales de uso permitido, carbonatada o no y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimentario.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICIONES GENERALES</p> <p>4.1 Los cierres de los envases utilizados para el agua purificada deben ser herméticos y garantizar que el envase no ha sido abierto después de llenado y antes de la venta al consumidor.</p> <p>4.2 Las instalaciones destinadas a la producción y envasado, deben ser apropiadas para excluir toda posibilidad de contaminación; con este objeto y en particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) las tuberías y los depósitos deben estar construidos con materiales inertes y de modo tal que impidan el ingreso de sustancias extrañas en el agua; b) las instalaciones destinadas al lavado de los envases retornables y las destinadas a producción deben satisfacer los requisitos de Buenas Prácticas de Manufactura y las disposiciones sanitarias vigentes. <p style="text-align: center;">5. REQUISITOS</p> <p>5.1 Requisitos específicos</p> <p>5.1.1 <i>Requisitos de materia prima.</i> Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua previa al proceso de purificación debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 1 108.</p> <p>5.1.2 <i>Requisitos de producto.</i> El agua purificada envasada o el agua mineralizada purificada envasada deben cumplir con los requisitos físicos establecidos en la tabla 1.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, bebidas, bebidas no alcohólicas, aguas.</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno ES-09 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

TABLA 1. Requisitos físicos del agua purificada envasada o agua purificada mineralizada envasada

REQUISITOS	Mínimo	Máximo
Color expresado en unidades de color verdadero (UTC)	–	5
Turbiedad expresada en unidades nefelométricas de turbiedad NTU	–	3
Sólidos totales disueltos expresados en mg/l: - Agua purificada envasada - Agua purificada mineralizada envasada	– 250	500 1000
pH a 20°C: - no carbonatada, - carbonatada, - proceso de ósmosis y destilación	6,5 4,0 5,0	8,5 8,5 7,0
Cloro libre residual, mg/l	0,0	0,0
Dureza, CaCO ₃ , mg/l	-	300
Olor y sabor	Inobjetable	

5.1.3 El agua purificada envasada o el agua purificada mineralizada envasada debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 2.

TABLA 2. Requisitos microbiológicos para muestra unitaria o de anaquel

	Límite máximo
Aerobios mesófilos, UFC/ml	$1,0 \times 10^6$
Coliformes NMP/100 ml	< 1,8
Coliformes UFC/100ml	< $1,0 \times 10^2$
NOTA: Los valores < 1,8 y < $1,0 \times 10^2$ significan ausencia, o no detectables	

5.1.4 La cantidad máxima de sustancias inorgánicas, orgánicas, elementos radiactivos y de residuos de plaguicidas debe cumplir con lo indicado en la NTE INEN 1 108.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo en planta para la determinación de los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos se efectuará de acuerdo con lo indicado en la NTE INEN 1 077.

6.1.2 Las muestras en anaquel se tomarán de un mismo lote y en la cantidad que la técnica de análisis lo requiera.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 Se aceptará la muestra o los lotes que cumplan con todos los requisitos indicados en esta norma, caso contrario se rechazará.

(Continúa)



ANEXO 7: NORMA TECNICA ECUATORIANA INEN 1529- 6 (1990)

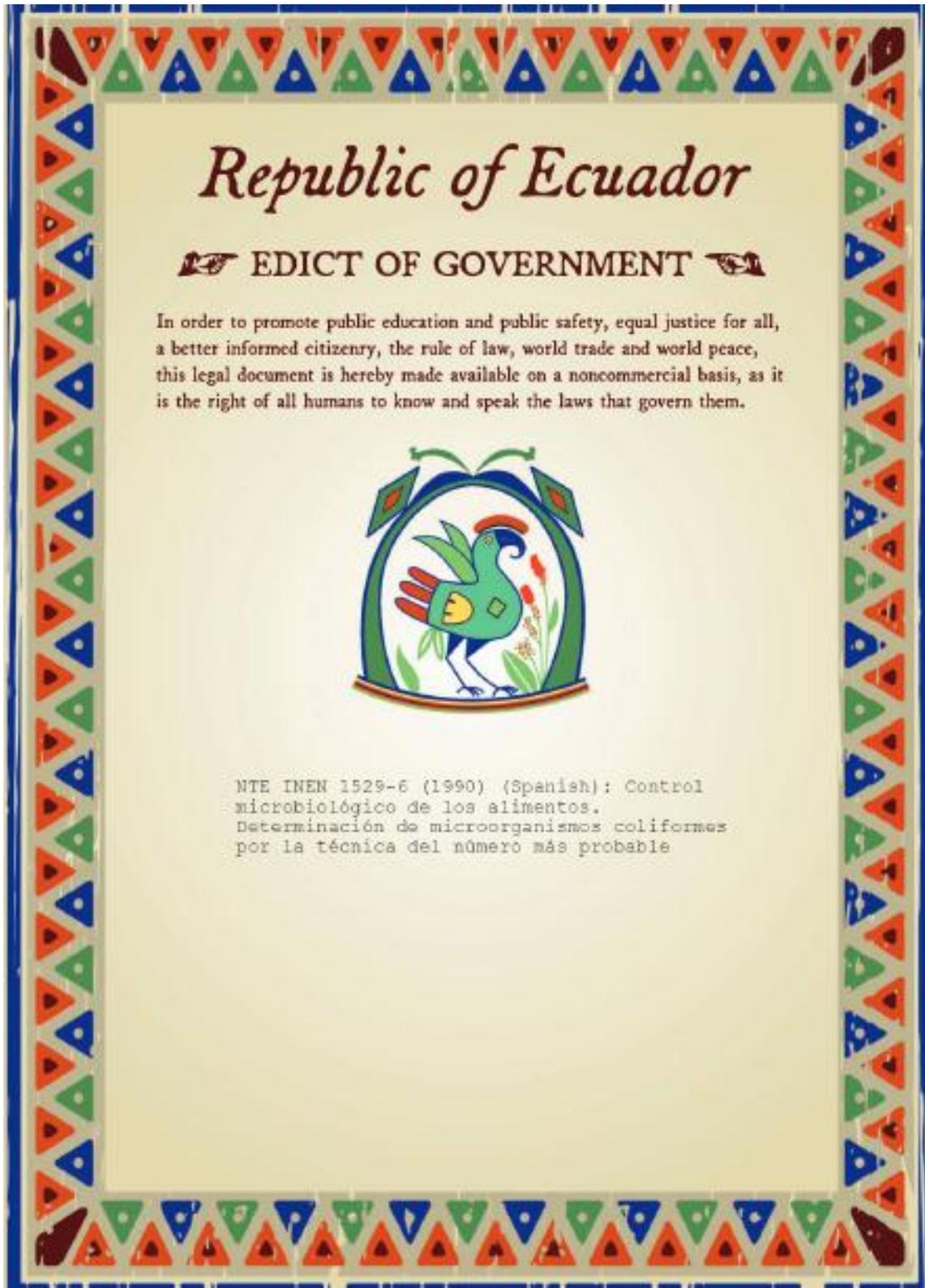




TABLA 1. Índice del NMP de bacterias cuando se utiliza tres alícuotas de 1 cm³ por dilución.

NUMERO DE TUBOS POSITIVOS EN CADA DILUCION			NMP POR GRAMO O cm ³	LIMITES DE CONFIANZA DEL 95%		CATEGORIA
DILUCION 10 ⁻¹	DILUCION 10 ⁻²	DILUCION 10 ⁻³		INFERIOR	SUPERIOR	
0	0	0	0	-	-	-
0	0	1	3	0,5	9	3
0	1	0	3	0,5	13	2
1	0	0	4	0,5	20	1
1	0	1	7	1	21	3
1	1	0	7	1	23	2
1	1	1	11	3	35	4
1	2	0	11	3	35	3
2	0	0	9	1	36	1
2	0	1	14	3	37	3
2	1	0	15	3	44	2
2	1	1	20	7	89	4
2	2	0	21	4	47	3
2	2	1	28	10	150	4
3	0	0	23	4	120	1
3	0	1	33	7	130	2
3	0	2	64	15	380	4
3	1	0	43	7	210	1
3	1	1	75	14	230	2
3	1	2	120	30	380	3
3	2	0	93	15	390	1
3	2	1	150	30	440	2
3	2	2	210	35	470	3
3	3	0	240	36	1 300	1
3	3	1	460	71	2 400	1
3	3	2	1 100	150	4 800	1

(Continua)



ANEXO 9: SOLICITUD PARA USO DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS.

Cuenca, 19 mayo de 2017

Ingeniera
Silvana Larriva Gonzales MSC
Decana de la Facultad de Ciencias Químicas

De mi consideración:

Por medio de la presente, Carlos Fernando Villa Gutiérrez, estudiante egresado de la carrera de Ingeniería Química, le solicito a Usted, autorice el uso del Laboratorio de Análisis de la Calidad de las Aguas ubicado en el Campus de Balzay, así como algunos equipos del mismo para fines prácticos en la realización de mi trabajo de titulación, el cual lleva por nombre "CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS PARA SU COMERCIALIZACIÓN COMO AGUA EMBOTELLADA".

Ante lo cual se ha tenido conversaciones previas con el encargado de dicho laboratorio Dr. Giovanni Larriva, llegando a un acuerdo respecto al empleo de reactivos. Parte de los reactivos serán adquiridos por mi persona y el sobrante quedará para uso del laboratorio.

A continuación detallo los parámetros a determinar en el laboratorio y los reactivos adquiridos que quedarán para uso del laboratorio:

Parámetros a Analizar en el Laboratorio	
pH	Nitritos
Color	Nitratos
Sólidos totales disueltos	Sulfatos
Alcalinidad Total	Hierro
Dureza Total	Coliformes Totales
Dureza Cálcica	Aerobios Mesófilos
Cloruro total	Cadmio total

Reactivos adquiridos por el estudiante
Nitróver 3 pq/100 unidades para 10ml de muestra
Nitraver 5. Pq/100 unidades para 10ml de muestra
FerroVer Pq/100 unidades para 10ml de muestra

Agradezco la atención a la presente.

[Firma]
FACULTAD DE QUÍMICA
AUTORIZADO

Atentamente,

[Firma]
Firma
Carlos Fernando Villa
C.I. 0105160402

Sra. Decana no hay problema en la utilización del laboratorio, si usted autoriza al Sr. estudiante
A.H.

Dr. Giovanni Larriva
[Firma]
Analista Responsable

UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
SECRETARÍA



Cuenca, 12 de octubre de 2017

Ingeniera

Silvana Larriva Gonzáles MSC.

Decana de la Facultad de Ciencias Químicas

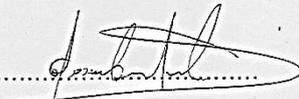
De mis consideraciones:

Yo, Carlos Fernando Villa Gutiérrez con C.I. 0105160402 estudiante egresado de la Facultad de Ciencias Químicas de la carrera de Ingeniería Química, solicito a Usted autorice el uso del Equipo de Jarras del Laboratorio de Análisis Ambientales ubicado en el Campus Central por el plazo de dos días, para fines en el desarrollo de mi trabajo de graduación que lleva por nombre "CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS CRUDAS PARA SU COMERCIALIZACIÓN COMO AGUA EMBOTELLADA".

Para dicho propósito se ha conversado previamente con el Ing. Jaime Cuenca, encargado del laboratorio, con quién se coordinará el uso del equipo solicitado.

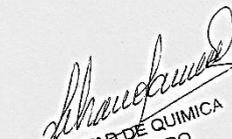
Por la favorable acogida que sirva dar al presente, suscribo de Usted.

Atentamente


.....
Ing Jaime Cuenca


.....
Carlos Fernando Villa

Dir. tesis
Ing. Sonia Astudillo


FACULTAD DE QUÍMICA
AUTORIZADO