

**ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA CHALÁ,
MUNICIPIO DE MALLAMA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**PEDRO ALEXANDER FLOREZ ROSALES
LILIANA ALEXANDRA ROMERO RIVAS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2011**

**ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA CHALÁ,
MUNICIPIO DE MALLAMA, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**PEDRO ALEXANDER FLOREZ ROSALES
LILIANA ALEXANDRA ROMERO RIVAS**

**Monografía como requisito parcial
para optar el Título de Ingeniero Agroforestal**

Diplomado en Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas

**Asesor:
Zoot. ALBEIRO BELALCAZAR HENAO
Experto en Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2011**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en éste trabajo son responsabilidad exclusiva de su autor”

Artículo 1 del acuerdo 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del honorable Consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Firma de Jurado

Firma de Jurado

San Juan de Pasto, Agosto de 2011

RESUMEN

Este estudio se realizó en el periodo de Abril a junio de 2011, la quebrada Chalá es la fuente que abastece el acueducto del área urbana del municipio de Mallama, Nariño. El propósito de este estudio determinar y analizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua de la quebrada Chalá a través de pruebas de laboratorio e interpretar los resultados obtenidos en base a los parámetros establecidos por la organización mundial de la salud - OMS y por la Resolución 2115 de 2007, relacionados con la calidad del agua para consumo humano. Y posteriormente plantear alternativas de manejo con el fin de mejorar la calidad del agua de la quebrada Chalá.

Se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas (conductividad eléctrica, pH, turbidez, sólidos totales, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, nitritos, fosfatos, cloruros y hierro) y microbiológicas (coliformes fecales y totales) del agua de 4 Puntos. Distribuidos de la siguiente manera el primer punto en la parte alta de la quebrada, el segundo en la parte media, el tercer punto en la parte baja y el cuarto punto de muestreo se realizó en una vivienda en la zona urbana de esta población. Para el procedimiento de la toma de muestras se siguió el protocolo establecido por los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

Los resultados muestran que la dinámica sanitaria de este sistema es consecuencia directa de su utilización por parte de los habitantes de las comunidades. Actividades de aseo personal dentro del agua y a orillas del sistema, la entrada de animales domésticos para saciar la sed, las deposiciones de excretas tanto de humanos como de animales y las actividades de lavado de utensilios del hogar y ropa, influyen sobre las variables físicoquímicas y microbiológicas.

Con los resultados obtenidos se planteó alternativas de manejo con el fin de mejorar la calidad de agua de la quebrada. Sin embargo, se logró determinar que algunos tramos de esta corriente están sometidos a contaminación de origen doméstico y agropecuario, lo cual limita sus condiciones de uso.

ABSTRACT

This study was carried out from April to June, 2011 at the Chalá Stream which is the source that supplies the aqueduct of the urban area of the Mallama Municipality. The purpose of this study was to determine and to analyze the physical, chemical, and microbiological properties of the water of the Chalá Stream through some laboratory tests, and to interpret the results based on the established parameters of the World Health Organization WHO, and under the resolution number 2115 of 2007, which have to do with water quality for human consumption, and subsequently to approach some handling alternatives in order to improve the water quality of the Chalá Stream.

The physical-chemical properties (electric conductivity, pH turbidity, total solid, alkalinity, hardness, solved oxygen, nitrates, phosphates, chlorides, and iron) and microbiological (fecal coliform and total) from the four points of the water that are distributed as follows: the first point in the high part of the stream, the second point, in the middle part of the stream, the third point in the lowest part, and finally the fourth point sample was taken at a house of the urban zone of the town. For the procedure of sampling we followed the protocol established by the laboratories of the Universidad de Nariño.

The results show that the sanitary dynamic of this system is a direct consequence of the use of the water that the inhabitants of the communities make such as bathing, animals that drink this water, humans and animals deposition of excreta, the clothes and utensils washing, have influenced the physicochemical and microbiological variables.

With the obtained results some alternatives were proposed to improve the water quality of the stream. Nevertheless we attained to determine that some parts of this stream are subject to the pollution of domestic and agricultural origin which limits its use condition.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	15
1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA	18
3. OBJETIVOS.....	20
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MARCO CONCEPTUAL.....	21
4.1 CUENCA HIDROGRAFICA	21
4.2 ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.....	21
4.3 CALIDAD DEL AGUA.....	22
4.3.1 Factores que afectan la calidad del agua	23
4.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	23
4.4.1 Sustancias contaminantes del agua	24
4.4.1.1 Microorganismos patógenos.....	24
4.4.1.2 Desechos Orgánicos	24
4.4.1.3 Sustancias Químicas Inorgánicas.....	25
4.4.1.4 Nutrientes Vegetales Inorgánicos	25
4.4.1.5 Compuestos Orgánicos.	25
4.4.1.6 Sedimentos Y Materiales Suspendidos	25
4.4.1.7 Sustancias Radiactivas.....	25
4.4.1.8 Contaminación Térmica	25
4.4.2 Contaminación biológica.....	26

4.4.2.1	Prevención.....	28
4.5	TOMA Y CONSERVACION DE MUESTRAS DE AGUA	28
4.5.1	Procedimiento de toma de muestras.	29
4.5.2	Conservación de muestras.	29
5.	MARCO LEGAL.....	30
6.	MARCO CONTEXTUAL	35
6.1	ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE MALLAMA.....	35
6.2	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	36
6.3	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MICROCUENCA CHALÁ	37
6.4	IMPORTANCIA DE LA QUEBRADA DENTRO DEL MUNICIPIO.....	37
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	39
7.1	LINEA DE INVESTIGACIÓN (Gestión integral del recurso hídrico).....	39
7.2	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	39
7.2.1	Determinación de los sitios de muestreo.	39
7.2.1.1	Selección del punto exacto para el muestreo:	39
7.2.2	Toma de muestras.....	46
7.2.2.1	Procedimiento.....	48
7.2.3	Análisis de laboratorio.	53
7.2.3.1	Duración de los análisis	54
7.2.3.2	Tipo de análisis.....	54
8.	DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO.	58
9.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	59
9.1	CALIDAD DEL AGUA.....	59
9.1.1	Turbiedad.....	59

9.1.2	Dureza	60
9.1.3	Conductividad:	62
9.1.4	pH:	63
9.1.5	Cloruros:	65
9.1.6	Alcalinidad	66
9.1.7	Sólidos totales:	67
9.1.8	Nitritos:.....	68
9.1.9	Hierro total	70
9.1.10	Fosfatos	71
9.1.11	Oxígeno disuelto.....	72
9.1.12	DBO5.....	73
9.1.13	DQO	74
9.1.14	Coliformes Totales y Fecales.....	75
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
	BIBLIOGRAFIA	87

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características Físicas	31
Cuadro 2. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	32
Cuadro 3. Características microbiológicas	32
Cuadro 4. Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.....	34
Cuadro 5. Parámetros a evaluar y metodología.....	50
Cuadro 6. Registro de toma y recepción de muestras de agua	52
Cuadro 7. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.....	53
Cuadro 8. Características Físicas	59
Cuadro 9. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.....	61
Cuadro 10. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.....	64
Cuadro 11 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	69
Cuadro 12 Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.....	69
Cuadro 13. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.....	71
Cuadro 14. Características microbiológicas	76

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Microcuenca Chalá, municipio de Mallama.....	36

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 1 Turbiedad	60
Grafico 2 Dureza Total	62
Grafico 3 Conductividad	63
Grafico 4 pH	64
Grafico 5 Cloruros	66
Grafico 6 Alcalinidad Total	67
Grafico 7 Sólidos Totales	68
Grafico 8 Nitritos	70
Grafico 9 Oxígeno Disuelto	73
Grafico 10 DBO ₅	74
Grafico 11 DQO	75
Grafico 12 Coliformes Totales	81
Grafico 13 Coliformes Fecales	81

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 1. Ubicación general del área de estudio	35
Mapa 2. Microcuenca Chala, Puntos de Muestreo.....	47

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta o contacto con la misma y número de casos en el año 2009.....	28
Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo.....	46
Tabla 3 Resultados parte alta	77
Tabla 4 Resultados parte media	78
Tabla 5 Resultados parte baja	79
Tabla 6 Resultados intradomiciliario	80
Tabla 7. Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta o contacto con la misma y número de casos en el año 2009.....	83

INTRODUCCION

La disponibilidad de agua de buena calidad es una condición indispensable para la propia vida, y más que cualquier otro factor, condiciona la calidad de vida de las personas (Asvall y Alleyde, 1999)¹. Sin embargo, las características del agua cada día se ven más afectadas por las actividades humanas, las cuales, junto con los fenómenos naturales, hacen que sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas varíen notoriamente de un lugar a otro.

La gestión y administración adecuada de los recursos hídricos para garantizar su uso sostenible, obliga a conocer su comportamiento y su respuesta ante las diferentes intervenciones antrópicas; por lo cual, se hace importante la implementación de metodologías rápidas y económicas para la evaluación de las características del agua que permitan determinar, de una manera aproximada, su calidad y sus posibles usos.

Los índices de calidad, obtenidos a partir de la medición de ciertas variables ambientales, proveen de un concepto preliminar para diagnosticar el estado sanitario de las corrientes y se emplean como herramientas para analizar tendencias, especificar condiciones ambientales, ayudar en decisiones gubernamentales y en la evaluación de programas de control, entre otros (Canter, 1998)².

De acuerdo con el informe del control de la calidad del agua en Colombia 2003, de la Superintendencia de Servicios Públicos, de un total de 231 municipios evaluados, al 18% de la población (41 municipios) se le suministró agua apta para el consumo humano, y el 82% restante (189 municipios) recibió agua no potable. De un total de 23'908.989 colombianos que recibieron agua, a 8'187.542 se les suministró agua no potable, lo que representa un 34% del total de la población. El estudio de la Defensoría del Pueblo (2005), presentado recientemente corrobora los datos de la Superintendencia (2003); de las pruebas analizadas, se concluye que el agua que se consume en el país no cumple en su mayoría con el parámetro del 95% en los aspectos biológico y fisicoquímico. Especialmente, se afecta la población más vulnerable, como son los menores de edad y todas aquellas personas que viven en condiciones de extrema pobreza.

A pesar de la importancia que tiene conocer la calidad del agua en Colombia para tomar decisiones y realizar acciones de prevención de riesgos en la salud de la población, para la mayoría de las fuentes hídricas superficiales que abastecen de

¹ ASVALL, J. y ALLEYDE, G. 1999. Agua y salud. Washington, Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. 20 p.

² CANTER, Larry W. 1998. Manual de evaluación del impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Madrid, España: Mc Graw Hill. p. 154-162, 231-294.

agua a millones de habitantes en el país, no existen análisis sobre sus propiedades físico – químicas y microbiológicas.

En el departamento de Nariño, existen municipios predominantemente rurales donde se manifiesta la contaminación del recurso hídrico, como es el caso del municipio de Mallama, ubicado al sur del departamento. En el municipio de Mallama, actualmente no existen estudios acerca de la caracterización o análisis de la calidad del agua de las corrientes superficiales existentes en el municipio, ni siquiera de naturaleza puntual, que permitan hacer comparaciones o establecer tendencias temporales acerca de la evolución del recurso, siendo su diagnóstico y seguimiento de vital importancia para la elaboración de un plan de conservación y utilización sostenible del recurso hídrico.

Por esta razón, se realizó un análisis de la calidad del agua de la microcuenca Chalá, municipio de Mallama, con el objeto de identificar los factores de riesgo para la salud del 95% de la población del casco urbano que se abastece del recurso hídrico de esta microcuenca.

1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

La microcuenca Chalá se encuentra sometida a múltiples factores de riesgo que afectan la calidad del recurso hídrico, aunado a esto no existen indicadores actuales que determinen la calidad de agua que consume el municipio, por la falta de un monitoreo constante, para que a partir de estos datos sea posible la toma de medidas correctivas que permitan garantizar un abastecimiento de la población con agua de óptima calidad para consumo humano.

Entre los principales contaminantes del recurso hídrico de la quebrada Chalá se pueden mencionar: disposición inadecuada de residuos de agroquímicos utilizados en las actividades agropecuarias que se realizan en la microcuenca, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos generados por los habitantes, aguas residuales domésticas, estiércol del ganado que pastorea en inmediaciones de la quebrada, sedimentos y materiales suspendidos. Lo anterior permite inferir que las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua de la quebrada Chalá están siendo alteradas, lo cual puede poner en riesgo la salud de la población que se abastece del recurso hídrico de la microcuenca.

Cabe resaltar que el sistema de abastecimiento de agua para el casco urbano del municipio de Mallama, no cuenta con planta de potabilización, ni planta de tratamiento. Únicamente se lleva a cabo un proceso de desinfección que se le realiza al agua en el tanque de almacenamiento, utilizando cloro gaseoso.

2. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Los ecosistemas de agua dulce se ven diariamente amenazados tanto en su calidad como en su cantidad, muchas veces de forma irreversible, debido a diferentes factores asociados al crecimiento demográfico y a las actividades humanas, entre las que se encuentran el desarrollo de infraestructura, la introducción de especies exóticas, la descarga de contaminantes y la transformación de tierras (deforestación, agricultura, crecimiento urbano). La oferta y calidad del recurso hídrico cada vez es menor, razón por la cual surge la implementación de acciones que permitan mantener un suministro permanente de agua de buena calidad para toda la población y para preservar las funciones de los ecosistemas (CGN, 2008)³.

Teniendo en cuenta lo anterior, todas las cuencas, subcuencas y microcuencas están expuestas a procesos de contaminación de diversa índole. Para el caso específico del presente trabajo, escogió para el análisis de la calidad del agua, la quebrada Chalá, microcuenca Chalá, municipio de Mallama, departamento de Nariño.

La Quebrada Chalá nace en el sitio conocido como Cerro Negro y desemboca en el Rio Guabo; según el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua del municipio Mallama–Nariño 2009- 2013, ésta quebrada es de gran importancia debido a que surte de agua a 220 familias que corresponden a 1282 habitantes del casco urbano (Piedrancha) del municipio de Mallama.

Cabe destacar que las fuertes concentraciones de población contribuyen a la rápida contaminación del agua y otros tipos de contaminación; además se debe tener en cuenta que el agua contaminada es el agua a la que se le incorporaron materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales, y éstas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.

De acuerdo con la normatividad establecida en el Decreto 475 de 1998 y el Decreto 2115 de 2007, quienes prestan el servicio público de acueducto son los responsables del cumplimiento de las normas de calidad del agua potable, donde se plantea que una de las obligaciones del estado social de derecho, es velar por el bienestar y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, lo que es sinónimo de salud; además deben ejercer un control y vigilancia constante para garantizar la calidad permanente del agua para consumo humano y con el objetivo de prevenir factores de riesgo en la salud de la población.

³ CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. La calidad del agua para consumo humano en Colombia.2008. 83 p.

En un estudio realizado en Colombia por el Ministerio de Salud en coordinación con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en 1993, determinó que el 44% de enfermedades como diarrea aguda, infección respiratoria aguda, enfermedades por vectores, entre otras, estaban relacionadas con el saneamiento básico y de ellas aproximadamente el 40% tenían relación directa con el agua potable. Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criadero de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. Las enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias son: cólera, tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras.

Consecuente con lo anterior, con el presente trabajo se buscó determinar la calidad del agua de la quebrada Chalá, para identificar los factores de riesgo para la salud pública y que además estos sirvan de instrumento para la toma de decisiones y la ejecución de correctivos por parte de las entidades competentes.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad del agua de la microcuenca Chalá, municipio de Mallama, departamento de Nariño.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar y analizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua de la quebrada Chalá a través de pruebas de laboratorio e interpretar los resultados obtenidos en base a los parámetros establecidos por la organización mundial de la salud - OMS y por la Resolución 2115 de 2007, relacionados con la calidad del agua para consumo humano.
- Plantear alternativas de manejo con el fin de mejorar la calidad del agua de la quebrada Chalá.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 CUENCA HIDROGRAFICA

Entiéndase por cuenca hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. Una cuenca hidrográfica se delimita por la línea de divorcio de las aguas. Se entiende por línea de divorcio la cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas (Decreto 1729 del 2002)⁴.

La cuenca se presenta como un verdadero sistema, ya que está formada por un conjunto de elementos que se interrelacionan. Los más importantes son: el agua, el bosque, el suelo y los estratos geológicos. La cuenca tiene gran importancia por la relación directa que existe entre la cuenca alta y la cuenca baja, de forma que las acciones que el hombre realiza en la parte alta afectan de manera determinante en la parte baja. Por esta razón, la cuenca como sistema natural reúne todas las condiciones para utilizarla como unidad planificadora en el establecimiento de programas integrados que permitan la solución de problemas de mucha complejidad.

4.2 ADMINISTRACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

A lo largo del tiempo se han introducido profundos cambios en la estructura legal y administrativa referida a los recursos hídricos. De una estructura estatal tradicional, organizada sobre la base de los sectores de actividad socioeconómica, se ha pasado a una organización en función de objetivos ambientales y de desarrollo económico, caracterizada por una fuerte descentralización y un fortalecimiento de los esquemas de índole regional (Jouravlev, 2001)⁵.

Sin embargo, Madroñero (2006)⁶ afirma que a pesar de estos avances existen factores que todavía no permiten una adecuada gestión del agua entre los cuales se destaca:

- Debilidad y falta de jerarquía institucional del sector ambiental.

⁴ REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1729 del 2002, sobre los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.

⁵ JOURAVLEV, A. 2001. Recursos Naturales e Infraestructura: Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI; Naciones Unidas.

⁶ MADROÑERO, S. Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto Colombia. Turrialba: CATIE. 2006. 197 p. Tesis de grado. *Magister Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

- Dentro del sector ambiental existe una descoordinación del trabajo desde su dirección al nivel central, hasta el nivel regional.
- La descentralización a nivel municipal ha sido efectuada sin gradualidad, sin apoyo humano, técnico y sin la reglamentación apropiada.

Los problemas de orden público afectan la gobernabilidad sobre amplias zonas del territorio nacional, impidiendo el control eficaz sobre muchos aspectos fundamentales.

4.3 CALIDAD DEL AGUA

El concepto de calidad del agua es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La determinación de la calidad del agua depende del uso que se le va a dar; es decir, a partir de las características que esta tenga, se destinara para un uso específico.

La calidad de agua se ve afectada por varios factores, desde que entra en contacto con la atmósfera, durante la condensación y precipitación; la lluvia o la nieve absorben cantidades variables de dióxido de carbono y otros gases, así como pequeñas cantidades de material orgánico e inorgánico; por otro lado, el agua reacciona con los minerales del suelo y de las rocas. De esta manera los principales componentes disueltos en el agua superficial y subterránea son los sulfatos, los cloruros, los bicarbonatos de sodio y potasio, y los óxidos de calcio y magnesio; además las aguas de la superficie suelen contener también residuos domésticos e industriales. Así mismo los acuíferos poco profundos pueden contener grandes cantidades de compuestos de nitrógeno y de cloruros, derivados de la agricultura intensiva, los desechos humanos y animales. Generalmente, las aguas de los pozos profundos sólo contienen minerales en disolución⁷.

En síntesis, la calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos (CGN 2008)⁸. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo

⁷ AST, Eduardo; PERI, Eliana y RAMÍREZ, Ma. Fernanda. Los recursos hídricos. Argentina: 2004. 85 p.

⁸ CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. La calidad del agua para consumo humano en Colombia. Op. cit., p 78.

humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

4.3.1 Factores que afectan la calidad del agua. Hay muchos factores que afectan la calidad del agua, entre estos, la ubicación, origen y contaminantes externos. En cuanto a ubicación, el agua de una zona pantanosa, no es agua saludable; por el contrario, si el agua fluye, esta tiende a ser un poco más limpia, ya que los microorganismos no se reproducen bien en agua corriente.

Fuera de los contaminantes son principalmente lo que se vierten en las aguas, las inundaciones en la zona, las fuertes lluvias, la escorrentía de los vertederos, etc. actividad animal, el factor humano; igualmente, la minería y la actividad subterránea pueden perturbar el suelo y la caída de los contaminantes en el agua, siendo todo esto lo que afecta la calidad del agua.

4.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Según la OPS – OMS: “el agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición, de suerte tal que resulta menos apta para cualquiera y todas las funciones y propósitos para los que sería apropiada en su estado natural”⁹. Esta definición incluye alteración de sus propiedades físicas, químicas y biológicas debido a la descarga de sustancias líquidas, gaseosas o sólidas que puedan producir molestias o conviertan esta agua en un peligro para la salud pública, la seguridad o el bienestar humano.

El origen de esa contaminación está en la propia actividad humana en relación a los ciclos naturales, pues la presión del hombre como especie dominante en los ecosistemas, desequilibra el mismo.

Las contaminaciones de origen natural serían solucionadas por todos los mecanismos de autodepuración que tiene la naturaleza. Pero el hombre altera la dinámica de los ciclos naturales, provocando la acumulación de residuos en lugares concretos, que superan la capacidad de reciclaje de estos mecanismos naturales.

La contaminación del agua se da por la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos (Aguirre y Ordoñez, 2009)¹⁰.

⁹ ALMEIDA, Alexandra. Acción Ecológica. Contaminación de los recursos hídricos. [En línea]. 2009. [Citado en 21 de Abril de 2011]. p. 2. Disponible en: <http://www.slideshare.net/dpanamito/contaminacion-de-los-recursos-hidricos>

¹⁰ AGUIRRE, D y ORDOÑEZ, J. Evaluación de la calidad del agua y niveles de protección de los cauces en la microcuenca El Quinche, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño: Facultad de Ciencias Agrícolas. 2009. 36p.

Los mismos autores afirman que entre los principales contaminantes del agua se tienen aguas residuales, nutrientes vegetales, productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, sustancias tensoactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos, petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales, minerales inorgánicos y compuestos químicos, sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escorrentías desde las tierras de cultivo y los suelos sin protección.

Contaminada, el agua se convierte en un vehículo de agentes infecciosos como hongos, virus, bacterias, protozoarios y helmintos, además de sustancias tóxicas como pesticidas, metales pesados y otros compuestos químicos, orgánicos, que son perjudiciales para la salud.

El agua también se utiliza para irrigar cultivos y para dar a beber a los animales, los cuales a su vez se van a convertir en alimento para los humanos y otros seres vivos, haciendo una cadena alimentaria, de tal manera que si las fuentes utilizadas están contaminadas, también se contaminarán nuestros cultivos, los animales, los humanos, y los peces que forman parte del medio acuático.

4.4.1 Sustancias contaminantes del agua¹¹. Existen gran número de contaminantes del agua que pueden ser agrupados de diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos.

4.4.1.1 Microorganismos patógenos. Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y en otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

4.4.1.2 Desechos Orgánicos. Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la

¹¹ECHARRI, Luis. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente [Libro electrónico]. Teide 1 ed. Argentina. 1998. Disponible en internet: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>

contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Bioquímica de oxígeno).

4.4.1.3 Sustancias Químicas Inorgánicas. En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

4.4.1.4 Nutrientes Vegetales Inorgánicos. Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

4.4.1.5 Compuestos Orgánicos. Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc., acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

4.4.1.6 Sedimentos Y Materiales Suspendidos. Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.

4.4.1.7 Sustancias Radiactivas. Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

4.4.1.8 Contaminación Térmica. El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

4.4.2 Contaminación biológica¹².

4.4.2.1 Organismos de vida libre. El agua potable no debe contener ningún tipo de organismo, sean vivos o muertos, cualquiera sea su número y significado sanitario, tales como algas, hongos, cladóceros, copépodos, helmintos, protozoarios, larvas de insectos, caracoles y partes de organismos (por ejemplo: polen, insectos o vegetales).

4.4.2.2 Parásitos intestinales. El agua potable no debe contener parásitos tales como Giardia, Lamblia, Entamoeba histolítica.

4.4.2.3 Algas tóxicas. El agua potable no debe contener algas potencialmente tóxicas, tal como Microcysis aeruginosa.

4.4.3 Consecuencias ocasionadas por consumo de aguas contaminadas. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades provocadas por el consumo del agua contaminada con y que contiene microorganismos patogénicos. El estudio de la relación agua/ salud y la prevención de enfermedades es de suma importancia. Sin embargo, la visión general de las enfermedades transmitidas por el agua es complicada por un gran número de razones.

Existe información disponible para ciertas aguas, saneamiento y enfermedades relacionadas con la higiene (incluyendo salmonelosis, cólera, sigelosis), pero otras como la malaria, esquistosomiasis, necesitan de un mayor análisis e investigación.

En países en vías de desarrollo, cuatro quintos de las enfermedades son transmitidas por el agua, siendo la diarrea la causa principal de muerte infantil. La relación agua/salud tiene una gran importancia y fuerte dimensión local, afectando a alrededor de 1.1 billones de personas que carecen de acceso a fuentes de agua potable mejoradas, y unos 2.4 billones de personas con falta de saneamiento adecuado. Hoy en día y tras mucha investigación, se tiene gran evidencia sobre el agua, saneamiento e higiene y enfermedades que traen como consecuencia la muerte de unos 2'213,000 muertes anualmente y una pérdida anual de 82'196,000 adecuada calidad de vida (ONU 2003)¹³.

Las estimaciones de la OMS indican que a nivel mundial unos 2 billones de personas están afectadas por esquistomas y hemintes transmitidos por el suelo y como consecuencia 300 millones sufren de graves enfermedades.

¹² ALMEIDA. Op. Cit., p. 3.

¹³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS (WWAP). Primer informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: Agua para todos, agua para la vida. 2003. En: Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura UNESCO. Programa mundial de los recursos hídricos. p. 11.

La Malaria mata cerca de un millón de personas al año, y un gran porcentaje de estas muertes son niños por debajo de cinco años, principalmente en África del Sur y el Sahara. En el 2001 el presupuesto global estimado fue de 42.3 millones, que constituye 10% del total del presupuesto por enfermedades en África. La malaria causa al menos 396.8 millones de casos de enfermedad aguda cada año. Las mujeres embarazadas son el principal grupo de riesgo. Siendo uno de los problemas de salud pública más frecuentes en países tropicales, se dice que la malaria reduce el crecimiento económico en países africanos por un 1.3% al año durante los últimos 30 años (ONU 2003)¹⁴.

Se estima que 246.7 millones de personas alrededor del mundo están afectadas por esquistomiasis y sobre 20 millones sufren graves consecuencias de la infección, mientras 120 millones sufren síntomas menores. Un 80% estimado de transmisión se produce en África, al sur del Sahara (ONU 2003)¹⁵.

La Diarrea es una enfermedad común en todo el mundo que causa 4% de las muertes y 5% de pérdida de salud o incapacidad.

Las enfermedades transmitidas por el agua se extienden por la contaminación de los sistemas de agua potable con la orina y heces de animales y personas infectadas. Esto generalmente ocurre en sistemas potables públicos y privados, quienes, toman sus aguas de las aguas superficiales (lluvia, calas, ríos, lagos, etc.). Escorrentía de laderas, campos sépticos, tuberías de aguas residuales, desarrollos industriales o residenciales también pueden llegar a contaminar las aguas superficiales en algunas ocasiones.

Referente a esto en el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua del municipio de Mallama en el año 2009, se indican las enfermedades más representativas presentes en la población a causa del consumo agua no apta o contacto con la misma y número de casos (Ver, Tabla 1). El único modo de solucionar este problema es mejorar las conductas y hábitos higiénicos de las personas, proporcionando necesidades básicas: agua potable, servicios de lavado y baño y saneamiento.

¹⁴Ibíd., p. 107

¹⁵Ibíd., p. 107

Tabla 1. Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta o contacto con la misma y número de casos en el año 2009.

Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta.	No de casos en el año 2009	% de personas afectadas con respecto al total de municipio
Rinfaringitis aguda resfriado común	1074	10,86%
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	727	7,35%
Amigdalitis aguda no especificada	695	7,02%
Parasitosis intestinal	684	6,91%
Faringitis aguda no especificada	456	4,61%
Infección de vías urinarias. sitio no especificado	721	7,29%

Fuente. Dirección del PAB de Mallama.

4.4.2.1 Prevención. El agua limpia es un requisito fundamental para la reducción de enfermedades transmitidas por el agua. Es un hecho que la existencia de enfermedades transmitidas por el agua puede ser muy reducida si se dispone de agua limpia y disposición segura de heces.

La desinfección del agua consiste en matar o eliminar los patógenos presentes en el suministro del agua y prevenir que crezcan de nuevo en los sistemas de distribución. La desinfección se usa para la prevención del crecimiento de organismos patógenos y proteger la salud pública; la elección del desinfectante depende de la calidad de agua individual y sistema de suministro del agua. Sin desinfección, el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua aumenta.

4.5 TOMA Y CONSERVACION DE MUESTRAS DE AGUA

La toma de muestra de aguas es una operación delicada, que debe llevarse a cabo con el mayor cuidado, dado que condiciona los resultados analíticos y su interpretación. De una manera general, la muestra debe ser homogénea y representativa y no modificar las características fisicoquímicas o biológicas del agua (gases disueltos, materias en suspensión, etc.).

Los tipos de envase a utilizar dependen del tipo de análisis a realizar. Asimismo, dichos envases requieren un tratamiento previo de limpieza, esterilización, etc, en función de los parámetros a determinar. Los equipos o aparatos a utilizar para realizar la operación de toma de muestra dependerán de las condiciones físicas del lugar de muestreo y de los parámetros a analizar.

Por otra parte, el tipo de muestra a tomar depende del programa de muestreo establecido y de la finalidad requerida. Así, pueden tomarse muestras simples, compuestas, integradas, etc.

4.5.1 Procedimiento de toma de muestras. Para ello se consideraran factores como profundidad, distancia a la orilla, etc. La muestra se tomará lo más lejos posible de la orilla, procurando no remover el fondo y evitando zonas de estancamiento.

Para tomar la muestra se sujetará el frasco por el fondo en posición invertida, sumergiéndolo completamente y dándole la vuelta en sentido contrario a la corriente.

4.5.2 Conservación de muestras. Una vez tomada la muestra, ésta sufre una serie de procesos que alteran sus características fisicoquímicas y biológicas. Así, por ejemplo, puede ocurrir: fijación de ciertos elementos sobre las paredes de los recipientes y sobre las partículas suspendidas, pérdida de gases disueltos, precipitaciones secundarias de cambio de valencia, acción de gérmenes presentes, etc. Por ello es necesario, tomar ciertas precauciones con miras a su conservación y estabilización de los constituyentes, durante el tiempo que transcurra entre la toma de muestra y el análisis¹⁶. No obstante, ciertos parámetros del agua requieren determinaciones "in situ" (*por ejemplo, pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, etc.*) o bien de forma inmediata en el laboratorio teniendo en cuenta que sin son determinados de esta manera los resultados pueden variar debido a los cambios que sufre la muestra durante el transporte hasta el laboratorio.

De manera general, es necesario conservar las muestras a baja temperatura (4°C) tanto durante el transporte como en el laboratorio durante el tiempo que transcurra hasta la realización del análisis.

¹⁶ CUENCA, Luis y VILLA, Mercedes. Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pindal por un método natural. Tesis de ingeniería civil. Loja, Ecuador: Universidad técnica particular de Loja, Escuela de ingeniería civil, 2010. 249 p.

5. MARCO LEGAL

El análisis del marco normativo para Colombia se ha realizado teniendo en cuenta los enfoques de oferta y la demanda del recurso hídrico, clasificando la extensa normatividad con la que cuenta el país para manejar de forma racional este recurso. El análisis de la normatividad que se ha promulgado para garantizar la protección y conservación del recurso hídrico se enmarca como el conjunto de actividades necesarias para conocer y mantener su oferta (CGN, 2008)¹⁷.

La Política Ambiental Colombiana, formulada en la Ley 99 de 1993¹⁸, señala entre sus principios generales que los nacimientos de agua, que surten los acueductos son objeto de protección especial.

Algunos de los artículos que hace referencia a la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en el DECRETO 1575 DE 2007 Son entre otros, los siguientes:

Artículo 1°. *Objeto y campo de aplicación.* El objeto del presente decreto es establecer el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada, en el **Artículo 3°.** *Características del agua para consumo humano.* Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, **Artículo 4°.** *Responsables.* La implementación y desarrollo de las actividades de control y calidad del agua para consumo humano, será responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios, para lo cual cumplirán las funciones indicadas en los artículos siguientes.

En el **Artículo 6°.** *Responsabilidad de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.* Será la autoridad competente para iniciar las investigaciones administrativas e imponer las sanciones a que haya lugar a las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano.

¹⁷ CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. La calidad del agua para consumo humano en Colombia. Op. cit., 83 p.

¹⁸ CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 99. (22 de Diciembre de 1993). Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones. Santafé de Bogotá, D.C. 1993.

En el **Artículo 7°**. Sobre la *Responsabilidad del Instituto Nacional de Salud, INS* y el **y Artículo 8°**. Sobre *Responsabilidad de las direcciones departamentales, distritales y municipales de salud* por parte del INS.

Algunos de los artículos que Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano, en la RESOLUCIÓN 2115 DE 2007¹⁹ Son entre otros, los siguientes:

Características físicas y químicas del agua para consumo humano.

Artículo 2° donde se señalan las CARACTERÍSTICAS FÍSICAS. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan en el cuadro 1 (Ver cuadro 1):

Cuadro 1. Características Físicas

Características físicas	Expresada como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007

En el **Artículo 3°**. Donde se señala el valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm y el **Artículo 4°**. *Potencial de hidrógeno*. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0.

Artículo 6°. En donde nos indica las *características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana*. (Ver cuadro 2):

19 MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 (4 de Julio de de 2007). Edición 46.679. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Santafé de Bogotá, D.C: DIARIO OFICIAL, 2007. P 2- 5, 8- 9.

Cuadro 2. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂	0,1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F	1,0

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Características microbiológicas

En el **Artículo 10º**. Se señalan las *Técnicas para realizar análisis microbiológicos*. La técnica aceptada para realizar el análisis microbiológico del agua para consumo humano es la siguiente: *Para Escherichia Coli y coliformes totales*: Filtración por membrana y el **Artículo 11º**. Donde indica las *Características microbiológicas*. Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables ver (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007

LEY 99 DE 1993

Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental.

La presente Ley, es otra disposición legal que brinda sustento a la definición de los contenidos y criterios que se deben tener en cuenta para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

Esta ley dentro de los principios generales ambientales contemplados en el **Artículo 1**, destaca que: La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

- El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
- Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
- Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.
- En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.

Por otra parte, con el incremento de la población y el surgimiento de la actividad industrial, la polución de ríos, lagos y aguas subterráneas aumenta constantemente. La Organización Mundial de la Salud define a la polución de las aguas dulces de la siguiente manera: *"Debe considerarse que un agua está polucionada, cuando su composición o su estado están alterados de tal modo que ya no reúnen las condiciones a una u otra o al conjunto de utilidades a las que se hubiera destinado en su estado natural"*²⁰.

Del mismo modo La OMS en Las guías para la calidad del agua potable indica los referentes internacionales para formular normas que aseguren la calidad del agua potable y la salud de las personas. Las guías se basan en publicaciones que explican cómo se establecen los criterios de calidad y sirven de orientación para implementar actividades relacionadas con el agua segura. Con respecto a lo anterior, La OMS ha establecido, también, los límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano dichos valores son presentados en el cuadro 4 (Ver cuadro 4).

²⁰ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Control de la contaminación del agua: guía para la aplicación de principios relacionados con la calidad del agua. R. Helmer e I. 1997. ISBN 0419229108.

Cuadro 4. Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.

Sustancias	Concent. Máxima (mg/l)
Sales totales	2000
Cloruros	250
Sulfatos	400
Nitratos	50
Nitritos	0,2
Amoníaco	0,5
Mat. Org.	3
Calcio	80
Magnesio	50
Arsénico	0,01
Cadmio	0,003
Cianuros	0,07
Plomo	0,1
Mercurio inorgánico	0,006
Selenio	0,01
Hidrocarburos aromáticos policíclicos Benzo[a]pireno (BaP)	0,0007

Fuente: Organización mundial de la salud. Guías para la calidad del agua potable (recurso electrónico), tercera edición. 2006.

De acuerdo a la definición que da la OMS en el 2006, para la contaminación debe considerarse también, tanto las modificaciones de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden hacer perder a ésta su potabilidad para el consumo diario o su utilización para actividades domésticas, industriales, agrícolas, etc., como asimismo los cambios de temperatura provocados por emisiones de agua caliente (polución térmica).

En realidad, siempre hay una contaminación natural originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias gaseosas que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos. Los materiales orgánicos, mediante procesos biológicos naturales de biodegradación en los que intervienen descomponedores acuáticos (bacterias y hongos), son degradados a sustancias más sencillas. En estos procesos es fundamental la cantidad de oxígeno disuelto en el agua porque los descomponedores lo necesitan para vivir y para producir la biodegradación²¹.

²¹ UNIVERSIDAD VERACRUZANA, FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS. Contaminación del agua [En línea]. 2010. [Citado en 25 de Mayo de 2011]. p.

6. MARCO CONTEXTUAL

6.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE MALLAMA

El Municipio de Mallama se encuentra ubicado a 1°09' latitud Norte y 77°05' longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Sus límites corresponden a: Norte, con el municipio de Santacruz (Guachavés) Ricaurte, Oriente con el municipio de Santacruz; Occidente con el municipio de Ricaurte, quebrada Santa Rosa y San Francisco al medio; Suroriente con el municipio de Guachucal y Sapuyes; por el Suroccidente con los municipios de Cumbal y Ricaurte, río Mira flores al medio²².

Mapa 1. Ubicación general del área de estudio



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:MunsNarino_Mallama.png

El municipio de Mallama tiene una extensión de 626 Km², de los cuales 618.174 km² se encuentran distribuidos en la zona rural y los restantes en la zona urbana, su ubicación corresponde a la zona comprendida por la cordillera Occidental donde predomina el paisaje montañoso con profundos valles generalmente de sección transversal en V, su parte Occidental limita con la llanura Pacífica y la parte Oriental limita con la estribación Occidental de la cordillera Centro Oriental donde comienza el Altiplano Nariñense²³.

4. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/marcelosantiago/contaminacion-del-agua-6480437>

²² UNION TEMPORAL COLOMBIA. Diagnostico a nivel técnico e institucional en sus componentes legal, operacional, comercial financiero y organizacional de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de los departamentos Caldas, Quindío, Cauca y Nariño. Informe No. 2. Diagnostico Componente Técnico. Municipio de Mallama, departamento de Nariño. 2008. p. 1.

²³ EQUIPO TECNICO MUNICIPIO DE MALLAMA. Plan de uso eficiente y ahorro del agua. Mallama, Nariño. Junio 2009. p. 8

6.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MICROCUENCA CHALÁ

La microcuenca Chalá tiene una extensión de 756 hectáreas con una longitud total de cauces de 12359 metros, está ubicada entre los 2.000 – 2.250 m.s.n.m., hace parte de la subcuenca Rio Guabo en donde deposita sus aguas. Entre las principales actividades productivas está la agricultura y la ganadería, y dentro de las coberturas vegetales se encuentra, bosque secundario, bosque ripáριο, cultivos y potreros. Por otra parte, dentro de los usos hídricos se destaca el agua para consumo humano, es así que abastece a 1282 habitantes pertenecientes al casco urbano del municipio de Mallama y en la parte baja en actividades ganaderas (abrevaderos)²⁵.

6.4 IMPORTANCIA DE LA QUEBRADA DENTRO DEL MUNICIPIO

Las aguas del acueducto municipal que abastece la zona urbana del municipio de Mallama provienen en su totalidad de la microcuenca Chalá y como se ha mencionado en estudios anteriores en ella se presentan niveles de contaminación muy altos debido a vertimientos por minería y la presencia de animales como ganado en el área de influencia de la quebrada Chalá, además se evidencia la presencia de ganado vacuno a las orillas de la fuente aguas arriba de la captación, situación que perjudica notablemente la calidad de agua que se capta, se presentan graves problemas de erosión de los suelos en esta microcuenca debido a ganadería, monocultivo, poca capacitación de manejo de suelo, deforestación, fuertes pendientes. Las quebradas abastecedoras se encuentran protegidas por vegetación natural de la zona, además, la fuente primaria tiene 6 Ha adquiridas por parte del municipio para reforestación, sin embargo, la protección no se da totalmente en la zona de nacimiento de las fuentes hídricas²⁶.

En estudios realizados para el Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua para el municipio de Mallama en el 2009, se determinó que la microcuenca Chalá es una de las microcuencas con mayor grado de intervención antrópica, lográndose determinar de esta manera que de las 756 has que comprende esta microcuenca 406 has (53.7%) se encuentran ocupadas por cultivos y pastos y que además estos sistemas productivos no presentan un patrón de distribución uniforme; es decir, no amigable con el medio ambiente. En lo que respecta al restante 46.3%, 226 has (29.9%) se encuentran cubiertas por bosque ripáριο y 124 has (16.4%) bosque secundario, lo que ayudaría en gran parte a mantener una biodiversidad alta de plantas y animales en comparación con las áreas de monocultivo y en muchos casos, es el refugio de especies vulnerables tanto de plantas, como de animales. Estas áreas proveen de hábitat a gran cantidad de especies silvestres, a

²⁵ *Ibíd.*, p. 44

²⁶ *Ibíd.*, p. 145

la vez que actúan como corredores para el movimiento entre parches de vegetación en el paisaje fragmentado (Arcos, 2005)²⁷.

²⁷ ARCOS, I. Efecto del ancho los ecosistemas ripários en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles en Copán – Honduras. Turrialba: Costa Rica. Trabajo de Grado. Magister Scientiae 2005. 139p.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 LINEA DE INVESTIGACIÓN (Gestión integral del recurso hídrico).

La Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) es una respuesta a los problemas mundiales, regionales, nacionales y locales de escasez, calidad y saneamiento del agua, así como su acceso universal que tienen una relación muy íntima con la pobreza, como lo explica el Informe de Desarrollo Humano de 2006 de las Naciones Unidas²⁸.

7.2 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

A continuación se describe el proceso metodológico realizado.

7.2.1 Determinación de los sitios de muestreo. El objetivo principal de cualquier operación de muestreo es coleccionar muestras representativas del medio que se está investigando. Más específicamente, el propósito del muestreo en un sitio contaminado es adquirir información que ayude a determinar la presencia e identidad de los contaminantes presentes y el grado en el que estos podrían entrar en el ambiente circundante²⁹.

Para alcanzar este objetivo se tomaron en consideración los siguientes criterios³⁰:

7.2.1.1 Selección del punto exacto para el muestreo: Para esto, se tuvieron en cuenta aspectos como los que se describen a continuación.

- **Accesibilidad:** El punto de muestreo se encontraba en un lugar fácilmente accesible, de tal manera que se facilitó la toma de muestras y su transporte al igual que el de los equipos y materiales de muestreo.
- **Representatividad:** El punto de recolección de las muestras fue representativo lo que brindó homogeneidad a la muestra evaluándose según la turbulencia, velocidad y apariencia física del cuerpo de agua
- **Seguridad:** El punto de muestreo, sus alrededores y las condiciones meteorológicas garantizaron la seguridad de quienes tomaron las muestras.

²⁸ GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS [en línea]. Venezuela: Vitalis. 2010 [citada en 2011]. Disponible en internet: http://www.vitalis.net/gestiondelagua_GIRH.htm

²⁹ VOLKE, Tania; VELASCO, Juan y DE LA ROSA, David. Muestreo y caracterización de un sitio. En: Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. México: [s.n]. 2005.

³⁰ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, SECCION DE LABORATORIOS. Instructivo: Muestreo – Agua – Usuarios. LBE-PRS-IN-17. Nariño: La universidad, 2010. 7 p.

Teniendo en cuenta que la microcuenca presenta tres zonas claramente definidas, zona alta, media y baja, las muestras se tomaron de la siguiente manera:

- **Muestra 1:** Se tomó en la parte alta de la quebrada ya que en esta zona es de suponer que la muestra de agua presenta mejores características debido a la baja intervención antrópica inadecuada, y de esta forma tomar como referencia este sitio de muestreo para analizar e interpretar las siguientes muestras (ver fotos).

Parte alta

Zona de estudio



Fuente: este estudio

Georeferenciación y señalización



Fuente: este estudio

Ganadería



Fuente: este estudio



Fuente: este estudio

Punto número 1



Fuente: este estudio

Cultivo de Maíz



Fuente: este estudio

- **Muestra 2:** se tomó en la zona media para ver cómo se comporta el agua en sus diferentes características debido a que en esta zona se empieza a ver mayor intervención antrópica y utilización del agua debido a los cultivos, ganadería y labores de la población (ver fotos).

Parte media

Cultivo de Maíz



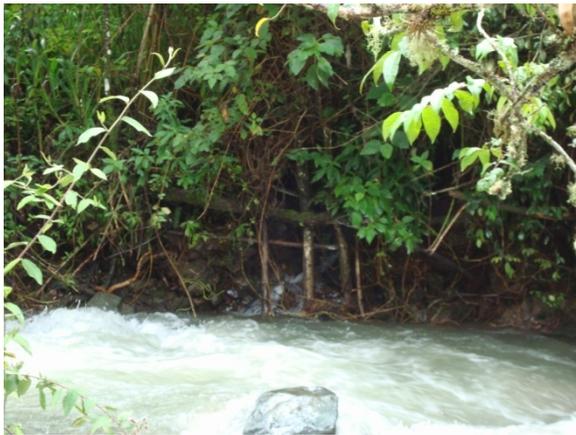
Fuente: este estudio

Baja cobertura vegetal



Fuente: este estudio

Vertimiento de aguas residuales



Fuente: este estudio

Excremento cerca a las orillas



Fuente: este estudio

Acompañamiento del fontanero



Fuente: este estudio

Punto número 2



Fuente: este estudio

Ganadería



Fuente: este estudio

Erosión de suelos



Fuente: este estudio

- **Muestra 3:** se tomó en la parte baja porque se supone es la parte más crítica debido a que el agua ha recorrido ya el cauce principal y está atravesando los diferentes sistemas productivos y alguna población que ya la ha utilizado (ver fotos).

Parte baja

Punto número 3



Fuente: este estudio

Excremento cerca al punto de captación



Fuente: este estudio

Ganadería



Fuente: este estudio

Excremento cerca al desarenador



Fuente: este estudio

Alta erosión



Fuente: este estudio

Viviendas



Fuente: este estudio

- **Muestra 4:** se tomó en una casa de habitación en la parte urbana, para conocer el resultado del tratamiento que el agua recibe al pasar por el acueducto y que es la que consume la población del municipio de Mallama (ver foto).



Fuente: este estudio

A continuación se presenta una tabla con las coordenadas planas para cada punto de muestreo ver (Tabla 5).

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo.

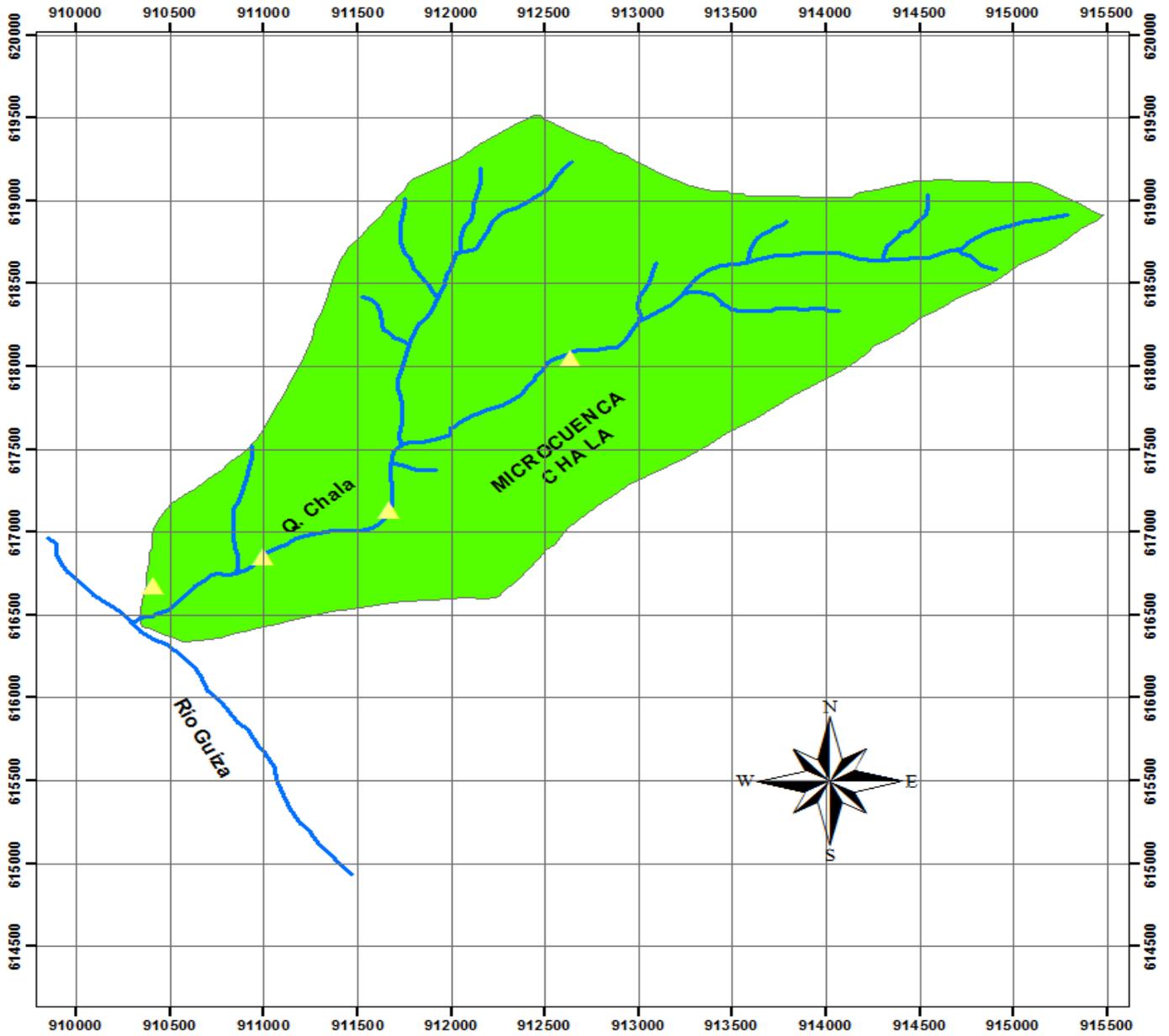
# Punto	Zona	Coordenadas X	Coordenadas Y	Numero de estaca
Punto 1	Zona alta	912636,102	618051,562	Estaca 1
Punto 2	Zona media	911664,55	617137,16	Estaca 2
Punto 3	Zona baja	910997,799	616851,41	Estaca 3
Punto 4	Intradomiciliaria	910407,247	616679,96	-

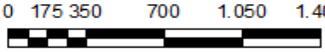
Fuente: Este estudio.

Definidos los criterios, se realizó un recorrido a lo largo de la quebrada, con el acompañamiento por parte del fontanero encargado del mantenimiento del acueducto municipal de Mallama con el propósito de definir los sitios de muestreo, los cuales se georeferenciaron en un mapa base escala 1: 30000. (Ver mapa 2).

7.2.2 Toma de muestras. Teniendo en cuenta los sitios de muestreo definidos, se tomaron 4 muestras según el siguiente procedimiento:

Mapa 2. Microcuenca Chala, Puntos de Muestreo



LEYENDA  Puntos de muestreo  Quebradas Chala  Microcuenca Chala	Escala Numerica 1:30.000	Contiene MAPA MICROCUENCA CHALA MUNICIPIO DE MALLAMA-PIEDRANCHA	
	Escala Grafica  Meters	Elabore ALEXANDER FLOREZ LILIANA ROMERO	Fecha JUNIO 2011
		REFERENCIA Datum: Magna Sirgas Zona: Oeste	

7.2.2.1 Procedimiento. Para el procedimiento de toma de las muestras se siguió el protocolo establecido por los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño.

- **Preparación del muestreo por parte del laboratorio.** El laboratorio prestó el material necesario para realizar el muestreo.
- **Materiales.** En cuanto a los recipientes necesarios para ejecutar debidamente todas las actividades de muestreo se requirió:
 - Un recipiente de vidrio de 300 ml debidamente esterilizado.
 - Dos recipientes plásticos de 1 Litro de capacidad de 10 cm de diámetro, para medir parámetros de campo.
 - Nevera portátil con hielo (agua congelada o sustituto de hielo) (ver fotos).

REGISTRO FOTOGRAFICO

Toma de muestras

Muestra para análisis fisicoquímico



Fuente: este estudio

Muestra para análisis microbiológico



Fuente: este estudio

Muestra para análisis microbiológico



Fuente: este estudio

Transporte de muestras



Fuente: este estudio

- **Hora de la toma de muestra.** A partir de las 7:00 am
- **Parámetros a evaluar.** El estudio se realizó mediante la evaluación de algunas propiedades fisicoquímicas y microbiológicas presentes en el agua de la quebrada Chalá indicadas en el cuadro 5.

Cuadro 5. Parámetros a evaluar y metodología

PARAMETRO	METODOLOGIA
Turbiedad	Estándar métodos ed. 17-2130
Dureza Calcio	Estándar métodos ed. 17-3500-Ca-D
Conductividad	Estándar métodos ed. 17-2510
Dureza total	Estándar métodos ed. 17-2340-c
PH	Estándar métodos ed. 17-4500-H
Cloruros	Estándar métodos ed. 17-4500-CL-B
Alcalinidad total	Estándar métodos ed. 17-2320-B
Sólidos totales	Estándar métodos ed. 21-2540-B
Nitritos	Estándar métodos ed. 17-4500-NO ₂ -B
Hierro total	Estándar métodos ed. 17-3500-Fe-D
Fosfatos	Estándar métodos ed. 17-4500-P-D
Oxígeno disuelto	Estándar métodos ed. 4500-O G.
Coliformes totales	Estándar métodos ed. 17- 9222-B
Coliformes fecales	Estándar métodos ed. 17- 9222-D
DBO	Estándar métodos ed. 5210 B
BQO	Estándar métodos ed. 5220 D

Fuente: Universidad de Nariño. Laboratorio de aguas. 2011.

- **Llenado de recipientes.** Para las muestra los recipientes fueron rotulados. (cinta de enmascarar).
 - Se agitó la muestra en el balde con una varilla plástica limpia para lograr la mayor homogeneidad posible.
 - A la vez que se agitó la muestra, se llenó cada recipiente para muestra por inclinación del balde para verter la muestra en el recipiente.
 - Se llenó cada recipiente por completo con muestra. Los recipientes para muestras microbiológicas se llenaron hasta 3/4 (tres cuartas partes) de su capacidad para permitir la aireación y asegurar la supervivencia de los microorganismos a ser cuantificados.

- **Almacenamiento, sellado y transporte de las muestras.** Tan pronto se obtuvo y envasó cada muestra, se almacenó en la nevera portátil garantizando que su temperatura sea cercana a 4°C para reducir la volatilización, biodegradación o transformación de los analitos.

Después de que las muestras fueron envasadas y preservadas, se sellaron las botellas de la siguiente manera:

- Se secó la parte superior de la botella con papel absorbente y se pusieron varias vueltas de cinta de enmascarar alrededor de la tapa y la boca de la botella, para asegurar que la tapa no se afloje.

- Se firmó el formato de muestreo, los rótulos de los recipientes y sus sellos.

Para el transporte de las muestras se procedió a:

- Verificar que cada nevera contenga suficiente hielo para asegurar que la refrigeración se mantenga hasta la llegada al laboratorio.
 - Asegurar que la tapa de cada nevera quede bien cerrada, de tal manera que durante el viaje no se destaparan.
 - Se procuró tratar cuidadosamente las neveras, no golpearlas, manteniéndolas en posición horizontal, no ubicarlas cerca de productos volátiles o que puedan causar contaminación de las muestras y manteniéndolas alejadas de fuentes de calor.
- **Entrega de muestras al laboratorio.** Se diligenció la custodia que es el formato o formulario donde se consignaron los datos del muestreo (hora, responsable de la toma, nombre de la microcuenca, nombre de la quebrada) cuando las muestras fueron entregadas al laboratorio (ver cuadro 6).

En las instalaciones del laboratorio el responsable del muestreo entregó las muestras al responsable de recibirlas, junto con los registros de toma diligenciados y firmados.

El responsable de recepción de muestras:

- Verificó el estado e identificación de las muestras y los registros de campo y se realizó el control de aceptación o rechazo del ingreso de muestras al laboratorio de agua en el formato LBE-PRS-FR-28.
- Una vez aceptada se firmó el registro de toma y recepción de muestras de agua código LBE-PRS-FR-05. (ver cuadro 6).

7.2.3 Análisis de laboratorio. El análisis de laboratorio se llevó a cabo, en el LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO Y AGUAS DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO. De acuerdo con la Resolución 2115 de 2007 los análisis mínimos para la calidad del agua para consumo humano son indicados en el cuadro 7 (Ver cuadro 7).

Cuadro 7. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
	AGUA POTABLE
Turbiedad	2
Dureza calcio	-
Conductividad	1000
Dureza total	300
PH	6,5 – 9,0
Cloruros	250
Alcalinidad total	200
Sólidos totales	-
Nitritos	0,1
Hierro total	0,3
Fosfatos	0,5
Oxígeno disuelto	-
Coliformes totales	Negativo
Coliformes fecales	Negativo
DBO	-
DQO	-

Fuente: Resolución 2115 de 2007

7.2.3.1 Duración de los análisis: Los resultados de los análisis fueron entregados a los 10 días después de ser entregadas las muestras en el laboratorio.

7.2.3.2 Tipo de análisis: ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO PARA AGUA POTABLE. Los parámetros analizados por cada muestra, se describen a continuación:

- **Turbidez:** la turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en vez de transmitirse en línea recta a través de la muestra; el valor de turbiedad está expresado en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) y su valor máximo aceptable es 2. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 2130 – B y la técnica a utilizada fue la NEFELOMETRICA.
- **Dureza calcio:** la dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 3500 – Ca-D y la técnica a utilizada fue la TITULOMETRICA.
- **Conductividad:** la conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de la medición. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 2510 – B y la técnica a utilizada fue la ELECTROMETRICA.
- **Dureza total:** Químicamente, la dureza del agua es una propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiesta por su reacción con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones para formar incrustaciones. La dureza de las aguas naturales se debe principalmente a los iones calcio, magnesio, estroncio hierro ferroso e ión manganoso. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 2340 – C y la técnica a utilizada fue la TITULOMETRICA.
- **Valor de pH:** la medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual. Se determinó

mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 21 4500 – H y la técnica a utilizada fue la ELECTROMETRICA.

- **Cloruros:** el cloruro en forma de ion (Cl^-), es uno de los iones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 4500 – Cl-B y la técnica a utilizada fue la TITULOMETRICA.
- **Alcalinidad total:** la alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos y constituye la suma de todas las bases titulables. El valor medido puede variar significativamente con el pH de punto final utilizado. La alcalinidad es la medida de una propiedad agregada del agua, y solamente puede interpretarse en términos de sustancias específicas cuando se conoce la composición química de la muestra. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 2320 – B y la técnica a utilizada fue la TITULOMETRICA.
- **Sólidos totales:** son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y residuales. Estos pueden afectar negativamente a la calidad de agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 21 2540 – B y la técnica a utilizada fue la GRAVIMETRICA.
- **Nitritos:** son compuestos químicos inorgánicos derivados del Nitrógeno, los nitritos (NO_2^-) son aniones que contienen nitrógeno (N) y oxígeno (O). Los nitritos forman parte del ciclo del Nitrógeno en el medio ambiente. Se pueden unir a compuestos orgánicos e inorgánicos, formando sales u otros compuestos. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 4500 NO_2^- - B y la técnica a utilizada fue la COLORIMETRICA.
- **Hierro total:** en las muestras filtradas de aguas superficiales oxigenadas, el hierro raramente alcanza concentraciones de 1 mg/L. Algunas aguas subterráneas y drenajes superficiales ácidos pueden contener una cantidad de hierro bastante mayor. El hierro en el agua puede ocasionar manchas en la ropa. Algunas personas son capaces de detectar el gusto astringente dulce-amargo a niveles por encima de 1mg/L. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 3500 Fe-D y la técnica a utilizada fue la COLORIMETRICA.

- **Fosfatos:** Los fosfatos son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía. Los fosfatos pueden ser encontrados comúnmente en plantas. Demasiado fosfato puede causar problemas de salud, como es daño a los riñones y osteoporosis. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 4500 P-D y la técnica a utilizada fue la COLORIMETRICA.
- **Oxígeno disuelto:** es uno de los indicadores más empleados en la calidad del agua, puesto que muchos organismos dependen del él para mantener los procesos metabólicos, obtener energía y efectuar su reproducción. Además, el oxígeno disuelto es principal indicador del estado de contaminación de una masa de agua, pues la materia orgánica contenida en ella tiene como directo el consumo del oxígeno disuelto. Se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 4500 – O G y la técnica a utilizada fue la ELECTROMETRICA.
- **Coliformes totales y fecales:** los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre. Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Para determinar el número de coliformes totales se usó el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 9222 – B y la técnica a utilizada fue la FILT. X MEMBRANA.

Así mismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. El numero de coliformes fecales se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS EDICION NO 17 9222 – D y la técnica a utilizada fue la FILT. X MEMBRANA.

- **Demanda bioquímica de oxígeno:** la demanda bioquímica de oxígeno, DBO_5 , es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica en un periodo de 5 días y a $20^{\circ}C$, mediante procesos biológicos aerobios; un valor elevado de este parámetro indica contaminación de tipo orgánico. El seguimiento de las concentraciones de DBO_5 permite obtener información sobre la capacidad de autodepuración del recurso hídrico o del impacto de los vertimientos de aguas residuales. La demanda bioquímica de oxígeno se determinó

mediante el método ESTANDAR METODOS 5210 – B y la técnica a utilizada fue la de LUMINISENCIA

- **Demanda química de oxígeno:** es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido. La materia orgánica se oxida hasta convertirse en CO_2 y agua, mientras que el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco. La demanda química de oxígeno se determinó mediante el método ESTANDAR METODOS 5220 D y la técnica a utilizada fue la COLORIMETRICA.

8. DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO.

A lo largo del recorrido por la cuenca, se observaron diferentes factores que representan un alto riesgo de contaminación; en las zonas donde se realizó la toma de muestras se presentan actividades como ganadería intensiva, equinos, actividades agrícolas; además de una baja cobertura vegetal en la rivera de la quebrada, suelos erosionados; así mismo fue observable la presencia de viviendas; siendo todos éstos focos de contaminación para la quebrada, ya que tanto los residuos de las actividades productivas como de las viviendas, son vertidos directamente en la quebrada. En cuanto a los cultivos y animales, no se está respetando el límite mínimo que debe existir entre éstos y el cauce. Agravando esta situación, en la parte baja de la cuenca donde se tomó la tercera muestra, fue evidente el alto grado de contaminación debido a que los animales depositan sus excretas a un lado del tanque de captación. (Ver registro fotográfico)

9. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

9.1 CALIDAD DEL AGUA

La Quebrada Chalá, además de servir de fuente de abastecimiento para consumo de la cabecera municipal de Mallama - Piedrancha, es receptora de los vertimientos generados por otras actividades, las cuales afectan la calidad y el normal comportamiento, limitando su uso y deteriorando el valor ecológico del recurso hídrico.

A continuación se presentan los análisis de los principales indicadores de calidad del agua, teniendo en cuenta los resultados presentados en el presente estudio comparándolos con los parámetros permisibles establecidos por el Ministerio de la Protección Social en la Resolución No. 2115 de 2007, así mismo se tienen en cuenta los parámetros establecidos por la organización mundial de la salud - OMS relacionados con la calidad del agua para consumo humano; con el fin de determinar el tipo de contaminación más probable y los posibles riesgos en la salud pública y en su utilización para otras actividades.

9.1.1 Turbiedad: Este término se aplica a las aguas que contienen materia en suspensión que interfiere con el paso de la luz a través de ella, o aquellas en las que está restringida la visión de la profundidad. La turbiedad puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, de tamaño variable entre las dispersiones coloidales y las gruesas, dependiendo del grado de turbulencia.

Según la OMS (Organización Mundial para la Salud) la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 UNT (Unidades Nefelométricas de turbiedad), y debe estar idealmente por debajo de 1 UNT; del mismo modo, según la resolución 2115 del 2007 la turbidez del agua para consumo humano debe ser menor a 2 UNT, (ver, Cuadro 1).

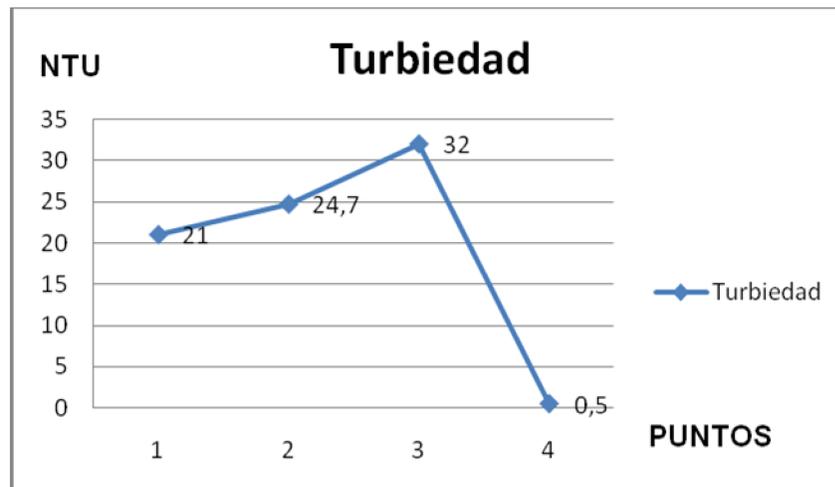
Cuadro 8. Características Físicas

Características físicas	Expresada como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo, es notable que en las zonas alta, media y baja se superan estos límites, lo cual se atribuye a procesos de erosión, contaminación ganadera, agrícola y actividades humanas (ver, grafico 1); esta según el RAS 2000 se clasificaría como una fuente regular, debido a que el grado de turbiedad para los tres puntos se encuentran entre 5 y 40 UNT. Sin embargo, en la muestra intradomiciliaria, el valor obtenido es de 0,5 UNT, valor que se encuentra dentro de lo recomendado por las dos fuentes de comparación anteriormente mencionadas, lo que indica que el proceso de descontaminación en cuanto a este parámetro es el adecuado.

Grafico 1 Turbiedad



Fuente: Este estudio. 2011

Según datos obtenido en el Instituto Departamental de Salud de Nariño (IDSN), en análisis e agua intradomiciliarios realizados en el año 2010, es observable que para este parámetro en ninguno de los casos excede los límites establecidos por la norma, ya que los valores observados se encuentran entre 0,10 y 1,40 UNT, dichos análisis se llevaron a cabo en los meses de febrero, septiembre y noviembre del año en mención.³¹

9.1.2 Dureza: Químicamente, la dureza del agua es una propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiesta por su reacción con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones para formar incrustaciones. La dureza de las aguas naturales se debe principalmente a los iones calcio, magnesio, estroncio hierro ferroso e ión manganoso.

³¹ LABORATORIO DE SALUD PUBLICA DE NARIÑO, Informe de análisis de calidad de agua para consumo humano. Nariño, 2010.

La dureza del agua se deriva en gran medida de su contacto con el suelo y las formaciones rocosas. El agua lluvia al caer sobre la tierra no es suficiente para disolver las excesivas cantidades de sólidos que existen en muchas aguas naturales. La capacidad disolvente se obtiene del suelo, donde la acción bacteriana libera dióxido de carbono. En general, las aguas duras se originan en áreas donde la capa superior del suelo es gruesa y contiene formaciones de piedra caliza. Las aguas blandas se originan donde la capa superior del suelo es delgada y las formaciones de piedra caliza están dispersas o ausentes.

La dureza es un factor importante en el sabor del agua. En la práctica a valores por encima de 500 mg/L el agua comienza a presentar un sabor desagradable. La Organización Mundial de la Salud establece una concentración máxima recomendada de 500 mg/L para agua para consumo humano y potable, en Colombia la normatividad establece un máximo de 300 mg/L basados en fundamentos estéticos, y un poco en salud (ver, Cuadro 7). Según los aspectos relativos a la salud humana, el consumo de aguas duras puede estar relacionado con enfermedades cardiovasculares, e incluso ataques al corazón.

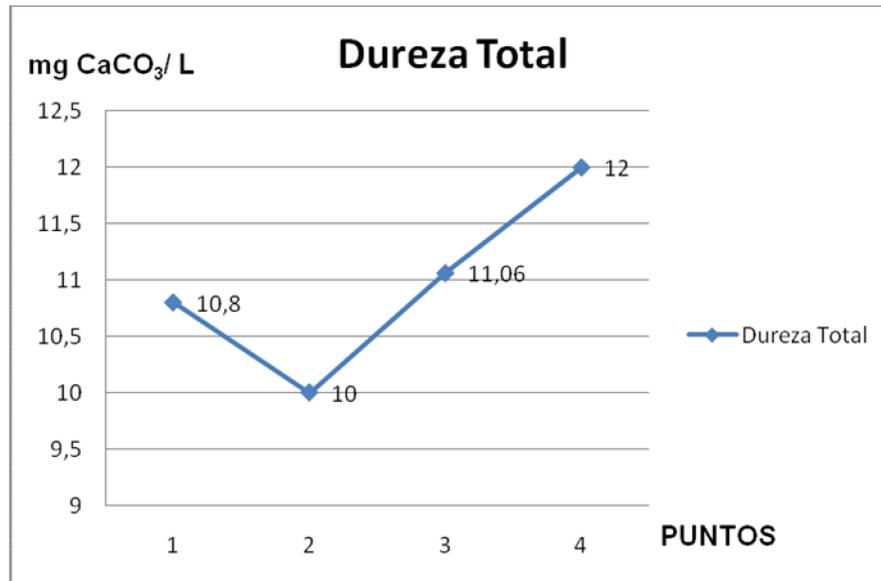
Cuadro 9. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
	AGUA POTABLE
Turbiedad	2
Dureza calcio	-
Conductividad	1000
Dureza total	300
PH	6,5 – 9,0
Cloruros	250
Alcalinidad total	200
Sólidos totales	-
Nitritos	0,1
Hierro total	0,3
Fosfatos	0,5
Oxígeno disuelto	-
Coliformes totales	Negativo
Coliformes fecales	Negativo
DBO	-
DQO	-

Fuente: Resolución 2115 de 2007

De acuerdo con los rangos establecidos para la dureza de las aguas se tiene que con un valor de dureza total del agua de la microcuenca Chala, entre 10 a 12 mg/l de CaCO₃ entre los cuatro puntos de muestreo, puede decirse que es una agua blanda (0.0 – 75.0 mg/l), característica del territorio de la microcuenca donde predominan suelos con capas superiores delgadas (ver, grafico 2).

Grafico 2 Dureza Total



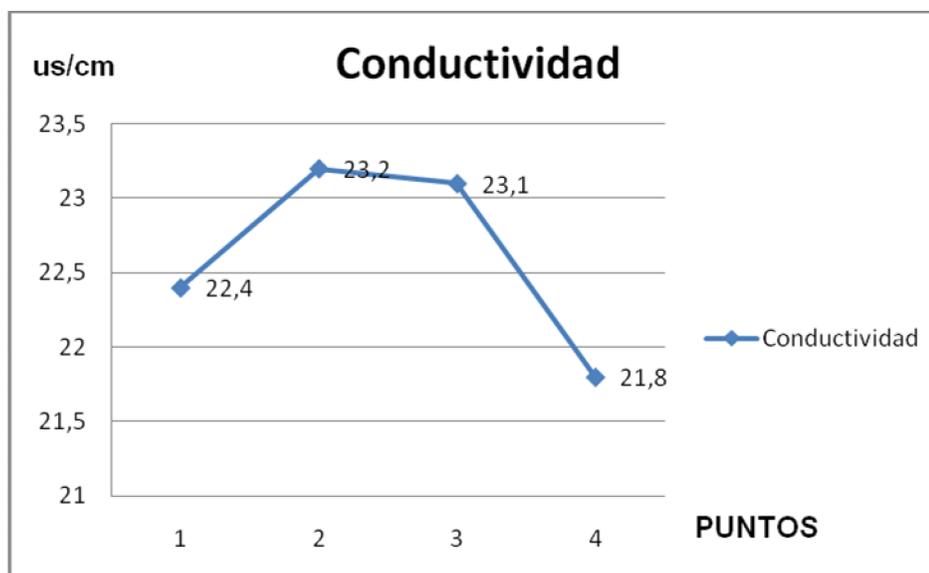
Fuente: Este estudio. 2011

Del mismo modo, de acuerdo a los análisis de agua intradomiciliarios realizados en el 2010 por el IDSN³², los valores para este parámetro, aunque exceden los resultados obtenidos en este estudio, puesto que se encuentran entre 10,6 y 26,3; no comprometen la calidad de agua para consumo humano.

9.1.3 Conductividad: Este parámetro indica el contenido de sales disueltas o de minerales en el agua (mineralización) y se ve influenciado por las actividades domésticas e industriales, las cuales modifican los valores naturales de este parámetro. El valor máximo aceptable según la resolución 2115 del 2007 para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm (µS/cm), (ver, Cuadro 7). El agua de la microcuenca presenta valores entre 23,2 a 21,8; es decir, dentro del rango normal (ver, grafico 3).

³² Ibid.

Grafico 3 Conductividad



Fuente: Este estudio. 2011

9.1.4 pH: Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua. Se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias. Para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva. El pH del agua que entra en el sistema de distribución debe controlarse para reducir al mínimo la corrosión del sistema de fontanería en las instalaciones domésticas. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8.

Según la OMS en el 2008 el pH no suele afectar directamente a los consumidores, pero si es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6,5 a 9,5.

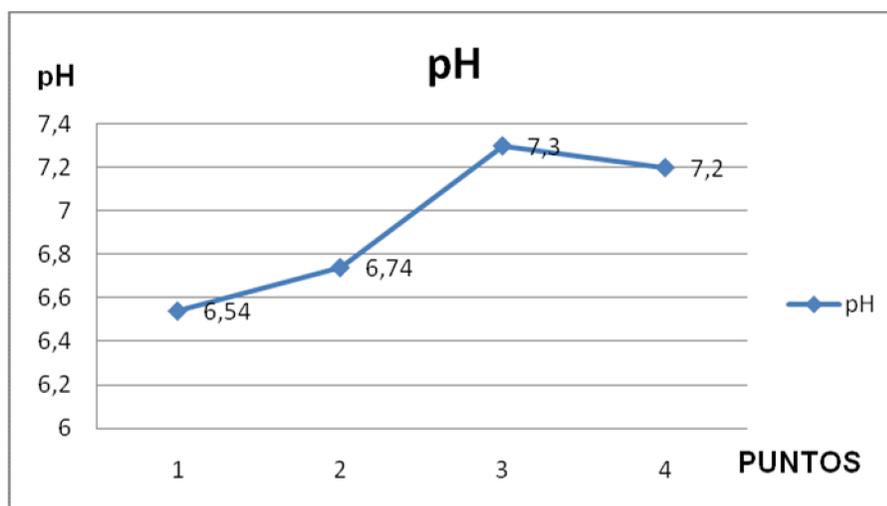
En los resultados se obtuvieron valores dentro de los rangos normales, los cuales no son limitantes para ningún uso mostrando un pH neutro (con intervalos de 6,54 a 7,3) (ver, grafico 4), los cuales también se encuentran en los rangos indicados en la Resolución 2115 del 2007 que debe estar comprendido entre 6,5 y 9,0 (ver, Cuadro 7).

Cuadro 10. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
	AGUA POTABLE
Turbiedad	2
Dureza calcio	-
Conductividad	1000
Dureza total	300
PH	6,5 – 9,0
Cloruros	250
Alcalinidad total	200
Sólidos totales	-
Nitritos	0,1
Hierro total	0,3
Fosfatos	0,5
Oxígeno disuelto	-
Coliformes totales	Negativo
Coliformes fecales	Negativo
DBO	-
DQO	-

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Grafico 4 pH



Fuente: Este estudio. 2011

9.1.5 Cloruros: Por lo general, las fuentes de agua de las tierras altas y de las montañas tienen bajo contenido de cloruros, mientras que los ríos bajos y las aguas subterráneas tienen cantidades considerables.

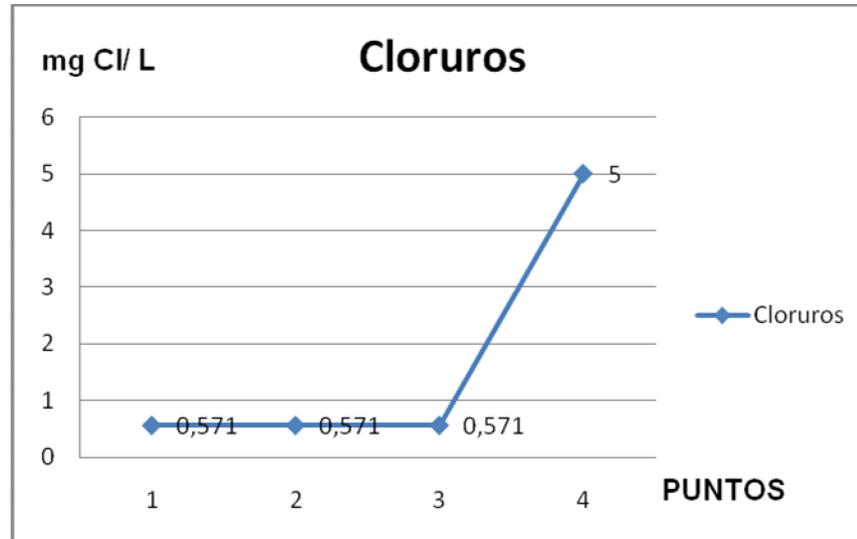
Las excretas humanas, especialmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a los que se consumen en los alimentos y el agua. El promedio de esta cantidad es cerca de 6 g de cloruros por persona por día, y aumenta la cantidad de Cl de las aguas residuales municipales aproximadamente 15 mg/L. En consecuencia, los efluentes de aguas residuales agregan una considerable cantidad de cloruros a las corrientes que los reciben. En este sentido la presencia de cloruros puede servir de indicador de influencia de algún tipo de vertimiento de agua residual que influye en estos sistemas.

Según la resolución 2115 de 2007 el valor máximo aceptable de cloruros en el agua es de 250 mg/L en los abastecimientos destinados para uso público (ver, Cuadro 7). Las concentraciones mayores a 250 mg/L dan un sabor salado al agua, que es rechazado por muchas personas.

El contenido encontrado en el agua de la microcuenca estuvo entre 0.571 mg/L de Cl para los puntos de muestreo 1, 2, 3 y de 5 mg/L de Cl para la muestra intradomiciliaria (ver, gráfico 5), Estos valores se encuentran por debajo 50 mg/L; igualmente en los análisis de agua intradomiciliarios realizados por el IDSN³³ en el 2010 se obtuvieron valores entre 2 y 4 mg/L, con todo lo anterior y teniendo en cuenta el RAS 2000, se cataloga a la microcuenca como una fuente aceptable, por consiguiente no pone en peligro la vida de la población que se abastece del agua la microcuenca.

³³ Ibid.

Grafico 5 Cloruros



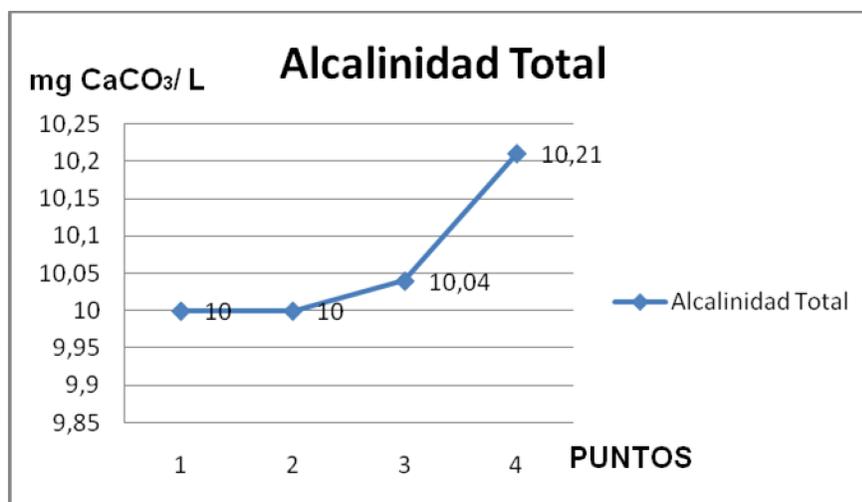
Fuente: Este estudio. 2011

9.1.6 Alcalinidad: En aguas naturales, la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-). En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a su alcalinidad.

Según la resolución 2115 del 2007 el valor máximo de alcalinidad permitido es de 200 mg/L (ver, Cuadro 7); en el agua de la microcuenca se obtuvieron valores entre 10 y 10,21(ver, grafico 6), estando muy por debajo de lo indicado en la resolución; así mismo los resultados obtenidos por el IDSN³⁴ para el análisis de agua intradomiciliario realizado en el 2010, los cuales se encuentran entre 18,2 y 41,8 mg/L; nos permite determinar que el agua en cuanto a este aspecto es apta para consumo humano.

³⁴ Ibid.

Grafico 6 Alcalinidad Total

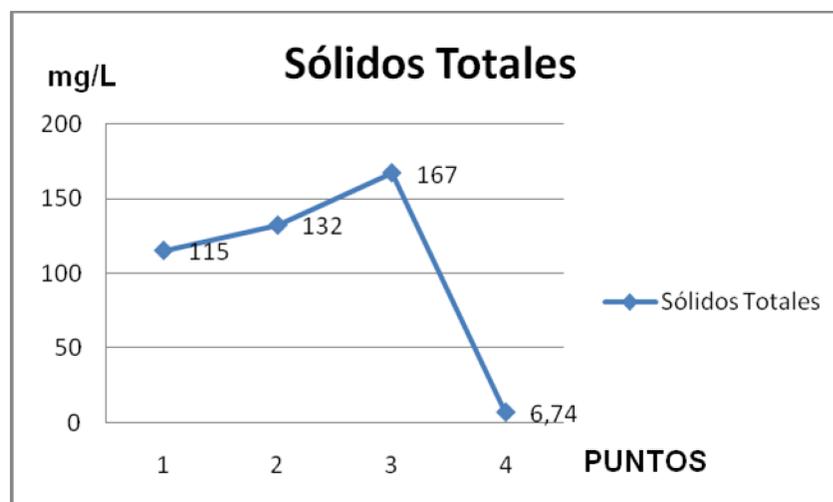


Fuente: Este estudio. 2011

9.1.7 Sólidos totales: Al igual que la turbidez registrada, los valores de los sólidos nos indican presencia de materiales en suspensión (arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica). En el agua para consumo humano, la determinación de sólidos totales es una de las variables de mayor interés y se recomienda que su contenido sea menor de 1.0 g/L.

En el agua de la microcuenca se encontraron valores superiores a 115 mg/L en los puntos de muestreo 1, 2 y 3 representando cierto riesgo para la salud; sin embargo, después del proceso de descontaminación el valor obtenido es de 6,74 mg/L, lo que nos indica que el proceso de descontaminación es el adecuado (ver, grafico 7). No obstante, se observa que en ninguno de los casos este valor es superado, y reflejan la poca posibilidad de formación de lodos.

Grafico 7 Sólidos Totales



Fuente: Este estudio. 2011

9.1.8 Nitritos: Los compuestos de nitrógeno son de gran interés en los estudios de medio ambiente debido a su importancia en los procesos vitales de todas las plantas y animales.

Niveles de nitritos superiores a 0.75 mg/L en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 pueden ser tóxicos. De acuerdo con el ciclo del nitrógeno que ocurre en el agua, una concentración de nitrógeno orgánico es característica de una polución fresca o reciente.

Según la resolución 2115 del 2007 el nivel máximo de nitritos permitidos es de 0,1 mg/L de NO₂⁻ (ver, Cuadro 2), por otro lado la OMS determina un máximo de 0,2 mg/L de nitritos (ver, Cuadro 4); en el agua de la microcuenca se obtuvieron valores entre 0,0071 a 0,011 mg/L de NO₂⁻, niveles que están muy por debajo del límite establecido (ver, grafico 9); de igual forma teniendo en cuenta los resultados indicados por el IDSN que estuvieron entre 0,010 y 0,023 mg/L, esto nos permite determinar que el agua es apta para consumo.

Cuadro 11 Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂	0,1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F	1,0

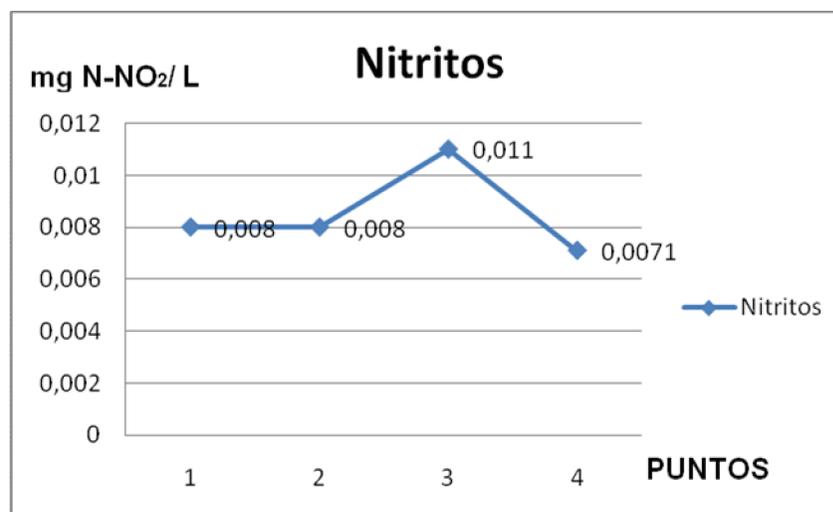
Fuente: Resolución 2115 de 2007

Cuadro 12 Límites máximos para la presencia de sustancias nocivas en el agua de consumo humano.

Sustancias	Concent. Máxima (mg/l)
Sales totales	2000
Cloruros	250
Sulfatos	400
Nitratos	50
Nitritos	0,2
Amoníaco	0,5
Mat. Org.	3
Calcio	80
Magnesio	50
Arsénico	0,01
Cadmio	0,003
Cianuros	0,07
Plomo	0,1
Mercurio inorgánico	0,006
Selenio	0,01
Hidrocarburos aromáticos policíclicos Benzo[a]pireno (BaP)	0,0007

Fuente: Organización mundial de la salud. Guías para la calidad del agua potable (recurso electrónico), tercera edición. 2006.

Grafico 8 Nitritos



Fuente: Este estudio. 2011

9.1.9 Hierro total: La presencia del hierro se debe a que es común encontrarlo en grandes cantidades en el suelo, aunque normalmente en forma insoluble (pirita, FeS₂ y siderita, FeCO₃). Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que se suceden en forma natural en el suelo, se pueden crear formas solubles de hierro que pueden contaminar el agua. A pesar que el consumo humano de aguas con hierro no tiene efectos nocivos para la salud, bajas concentraciones de este ión imparten sabores metálicos.

Según la resolución 2115 del 2007 el máximo admisible de hierro es de 0,3 mg/L (ver, Cuadro 7). El agua de la microcuenca presenta valores inferiores al límite detectable en laboratorio que es de 0,1 mg/L; lo que nos indica que los niveles de hierro están por debajo del máximo admisible según la resolución, lo que nos permite asegurar que el agua, según este parámetro es apta para consumo humano.

Cuadro 13. Mínimos niveles permisibles para calidad de agua de consumo humano.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 2115 DE 2007
	AGUA POTABLE
Turbiedad	2
Dureza calcio	-
Conductividad	1000
Dureza total	300
PH	6,5 – 9,0
Cloruros	250
Alcalinidad total	200
Sólidos totales	-
Nitritos	0,1
Hierro total	0,3
Fosfatos	0,5
Oxígeno disuelto	-
Coliformes totales	Negativo
Coliformes fecales	Negativo
DBO	-
DQO	-

Fuente: Resolución 2115 de 2007

9.1.10 Fosfatos: El fósforo en el agua proviene de diversas fuentes: de algunos procesos de tratamiento de aguas que utilizan pequeñas cantidades de fosfatos condensados como agentes floculantes, de los procesos de lavado con detergentes tanto a nivel industrial como doméstico y de las aguas residuales de los procesos agrícolas, en donde los ortofosfatos constituyen uno de los principales productos fertilizantes. El fósforo junto con el nitrógeno, representan los principales limitantes de la producción primaria (fotosíntesis), igualmente se señala como el principal responsable de la eutrofización artificial de los cuerpos de aguas.

Según la resolución 2115 del 2007 el valor máximo admisible para este parámetro es de 0,5 mg/L (ver, Cuadro 7); los resultados para el agua de la quebrada Chala muestran un valor inferior al límite detectable en el laboratorio que es de 0,1 mg/L, para todos los puntos de muestreo, las bajas concentraciones encontradas nos hace pensar que gran parte del fósforo en el agua se encuentra bajo la forma particulada depositada en el fondo, producto de los procesos de sedimentación, muerte y excreción que viene siendo arrastrada por circulación, o al parecer, porque la descomposición microbiana de la materia orgánica a compuestos orgánicos asimilables es lenta.

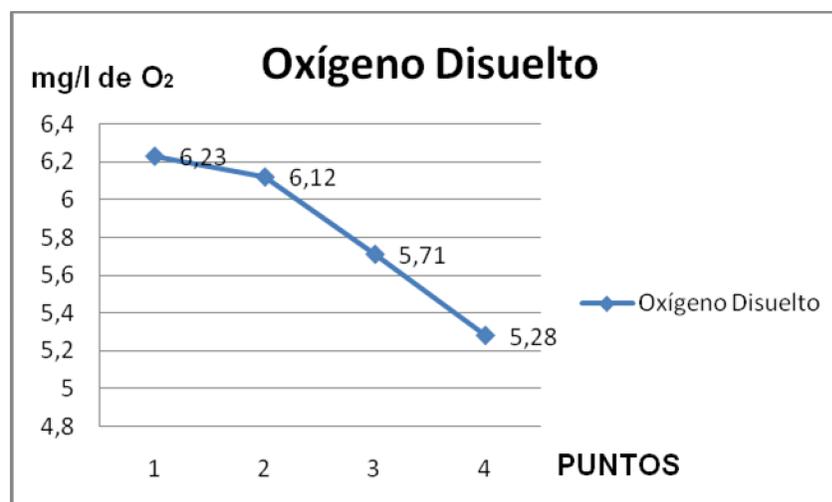
9.1.11 Oxígeno disuelto: El oxígeno es uno de los principales gases que se encuentran disueltos en el agua y proviene en gran parte de la atmósfera. Este factor permite establecer las condiciones de aerobiosis del agua y su concentración muestra la clase de organismos que pueden vivir en el sistema. En el caso de aguas naturales superficiales, el oxígeno proviene también de la actividad biológica de los organismos que contienen clorofila, capaces de realizar fotosíntesis. Además, el oxígeno disuelto depende en gran medida de la altura, la presión atmosférica, la temperatura y sobre todo la cantidad de materia orgánica que es procesada biológica y químicamente.

Es uno de los indicadores más empleados en la calidad del agua, puesto que muchos organismos dependen del él para mantener los procesos metabólicos, obtener energía y efectuar su reproducción. Siendo además un indicador del estado de contaminación del agua, pues la materia orgánica contenida en ella tiene como directo el consumo del oxígeno disuelto.

El agotamiento del oxígeno disuelto en los sistemas de abastecimiento de agua puede estimular la reducción por microorganismos del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, y puede hacer que aumente la concentración de hierro ferroso en disolución, con el consiguiente cambio de color del agua al entrar en contacto con el aire al salir del grifo. La OMS no recomienda ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

Según la UNESCO (1996) valores menores a 2 mg/L causan la muerte de la mayoría de los peces. Para la microcuenca se obtuvieron valores de OD entre 5,28 y 6,23, lo cual indica que el agua de la microcuenca en este parámetro no presenta riesgo para la vida acuática (ver, grafico 9).

Grafico 9 Oxígeno Disuelto

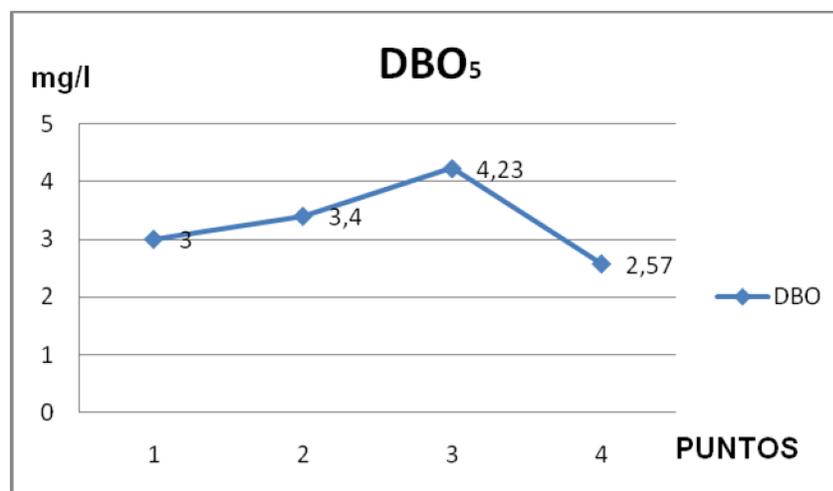


Fuente: Este estudio. 2011

9.1.12 DBO₅ : La demanda bioquímica de oxígeno, DBO₅, es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica en un periodo de 5 días y a 20°C, mediante procesos biológicos aerobios; un valor elevado de este parámetro indica contaminación de tipo orgánico. El seguimiento de las concentraciones de DBO₅ permite obtener información sobre la capacidad de autodepuración del recurso hídrico o del impacto de los vertimientos de aguas residuales. Según la UNESCO (1996), concentraciones de DBO₅ menores de 2 mg/L indican aguas poco contaminadas, mientras que valores de DBO₅ mayores de 10 mg/L indican aguas impactadas por descargas de aguas residuales, particularmente cerca del punto de vertimiento.

Para la microcuenca, se encontraron valores entre 2,57 y 4,23 lo cual permite deducir que el agua de la microcuenca presenta cierto grado de impacto por descargas de aguas residuales (ver, grafico 10).

Grafico 10 DBO₅

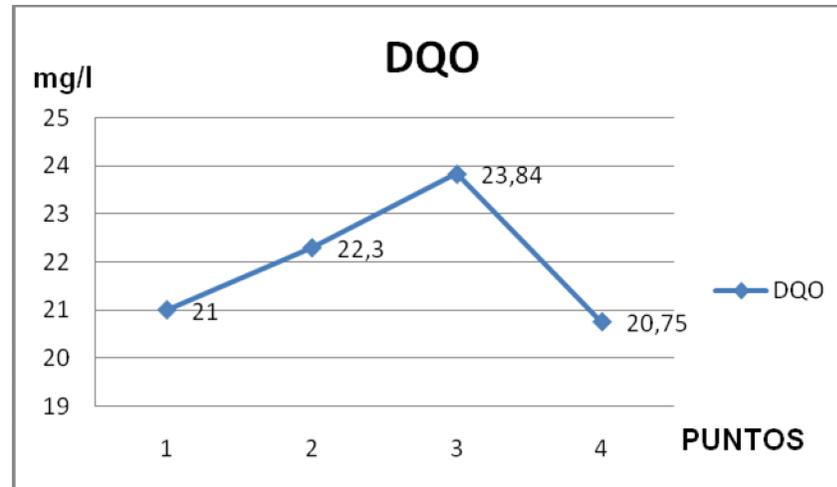


Fuente: Este estudio. 2011

9.1.13 DQO: La DQO es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido. La materia orgánica se oxida hasta convertirse en CO₂ y agua, mientras que el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco. Según la UNESCO (1996), valores de DQO menores de 20 mg/L indican aguas poco contaminadas. La demanda química de oxígeno es un parámetro útil para medir de manera rápida, la concentración de materia orgánica en aguas residuales industriales y municipales que puede ser tóxica para diversidad biológica.

En la microcuenca se encontró un DQO entre 20,75 y 23,84 lo cual indica que las aguas de la microcuenca están contaminadas con materia orgánica tendiendo como principal fuente de contaminación los cultivos, seguidos por la actividad humana, la actividad animal (ganadería) y los desechos que de estos se generan por estar muy próximos a la fuente (ver, grafico 11).

Grafico 11 DQO



Fuente: Este estudio. 2011

9.1.14 Coliformes Totales y Fecales: La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces. Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. En

general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. Por su amplia diversidad el grupo coliformes ha sido dividido en dos grupos: coliformes totales y coliformes fecales. Diferenciándose en que los coliformes totales comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales aquellos de origen intestinal.

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

La resolución 2115 del 2007 no admite la presencia de coliformes totales ni fecales en los resultados de un análisis de agua para consumo humano (ver, Cuadro 3).

Cuadro 14. Características microbiológicas

Técnicas utilizadas	Coliformes Totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia – Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente: Resolución 2115 de 2007

Los resultados de los valores de las variables microbiológicas a través de la técnica por filtración por membrana del agua de la microcuenca se encuentran en las tablas 3, 4, 5 Y 6 para cada uno de los puntos de muestreo, y en la gráfica 12 y 13 que se presentan a continuación:

Tabla 3 Resultados parte alta

Sitio de toma	Mallama – Piedrancha	
Nombre de la fuente abastecedora	Quebrada Chala	
Punto de toma de muestra	Parte Alta	
Tipo de muestra	Agua cruda	
Fecha de emisión de resultados	8 de Junio de 2011	
ANALISIS FISICOQUIMICO		
Parámetro	Valor encontrado	Unidad de medida
Turbiedad	21,0	NTU
Dureza Calcio	6,00	mg CaCO ₃ / L
Dureza total	10,8	mg CaCO ₃ / L
Conductividad	22,4	us/cm
pH	6,54	pH
Cloruros	0,571	mg Cl/ L
Alcalinidad total	10,0	mg CaCO ₃ / L
Sólidos totales	115	mg/L
Nitritos	0,008	mg N-NO ₂ / L
Hierro total	<LD	mg Fe ⁺³ / L
Fosfatos	<LD	mg P-PO ₄ / L
Oxígeno disuelto	6,23	mg/l de O ₂
DBO₅	3,00	mg/l
DQO	21,0	mg/l
ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes totales	3100	UFC/100ml
Coliformes fecales	Negativo	UFC/100ml

Fuente: Universidad de Nariño. Laboratorio de aguas y este estudio. 2011

Tabla 4 Resultados parte media

Sitio de toma	Mallama – Piedrancha	
Nombre de la fuente abastecedora	Quebrada Chala	
Punto de toma de muestra	Parte Media	
Tipo de muestra	Agua cruda	
Fecha de emisión de resultados	8 de Junio de 2011	
ANALISIS FISICOQUIMICO		
Parámetro	Valor encontrado	Unidad de medida
Turbiedad	24,7	NTU
Dureza Calcio	5,60	mg CaCO ₃ / L
Dureza total	10,0	mg CaCO ₃ / L
Conductividad	23,2	us/cm
pH	6,74	pH
Cloruros	0,571	mg Cl/ L
Alcalinidad total	10,0	mg CaCO ₃ / L
Sólidos totales	132	mg/L
Nitritos	0,008	mg N-NO ₂ / L
Hierro total	<LD	mg Fe ⁺ ₃ / L
Fosfatos	<LD	mg P-PO ₄ / L
Oxígeno disuelto	6,12	mg/l de O ₂
DBO₅	3,4	mg/l
DQO	22,3	mg/l
ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes totales	2500	UFC/100ml
Coliformes fecales	Negativo	UFC/100ml

Fuente: Universidad de Nariño. Laboratorio de aguas y este estudio. 2011

Tabla 5 Resultados parte baja

Sitio de toma	Mallama – Piedrancha	
Nombre de la fuente abastecedora	Quebrada Chala	
Punto de toma de muestra	Parte baja	
Tipo de muestra	Agua cruda	
Fecha de emisión de resultados	8 de Junio de 2011	
ANALISIS FISICOQUIMICO		
Parámetro	Valor encontrado	Unidad de medida
Turbiedad	32,0	NTU
Dureza Calcio	8,00	mg CaCO ₃ / L
Dureza total	11,06	mg CaCO ₃ / L
Conductividad	23,1	us/cm
pH	7,30	pH
Cloruros	0,571	mg Cl/ L
Alcalinidad total	10,04	mg CaCO ₃ / L
Sólidos totales	167	mg/L
Nitritos	0,011	mg N-NO ₂ / L
Hierro total	<LD	mg Fe ⁺³ / L
Fosfatos	<LD	mg P-PO ₄ / L
Oxígeno disuelto	5,71	mg/l de O ₂
DBO₅	4,23	mg/l
DQO	23,84	mg/l
ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes totales	1500	UFC/100ml
Coliformes fecales	100	UFC/100ml

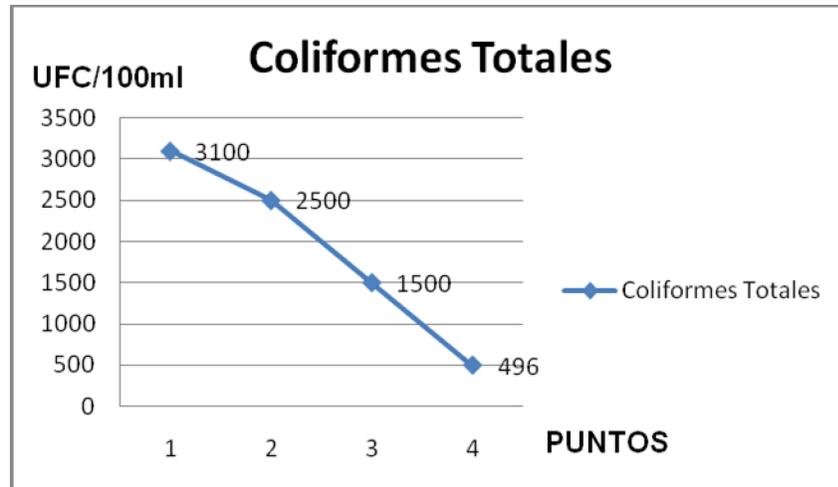
Fuente: Universidad de Nariño. Laboratorio de aguas y este estudio. 2011

Tabla 6 Resultados intradomiciliario

Sitio de toma	Mallama – Piedrancha	
Nombre de la fuente abastecedora	Quebrada Chala	
Punto de toma de muestra	Intradomiciliario	
Tipo de muestra	Agua cruda	
Fecha de emisión de resultados	8 de Junio de 2011	
ANALISIS FISICOQUIMICO		
Parámetro	Valor encontrado	Unidad de medida
Turbiedad	0,5	NTU
Dureza Calcio	7,34	mg CaCO ₃ / L
Dureza total	12	mg CaCO ₃ / L
Conductividad	21,8	us/cm
pH	7,2	pH
Cloruros	5	mg Cl/ L
Alcalinidad total	10,21	mg CaCO ₃ / L
Sólidos totales	6,74	mg/L
Nitritos	0,0071	mg N-NO ₂ / L
Hierro total	<LD	mg Fe ⁺³ / L
Fosfatos	<LD	mg P-PO ₄ / L
Oxígeno disuelto	5,28	mg/l de O ₂
DBO₅	2,57	mg/l
DQO	20,75	mg/l
ANALISIS MICROBIOLÓGICO		
Coliformes totales	496	UFC/100ml
Coliformes fecales	52	UFC/100ml

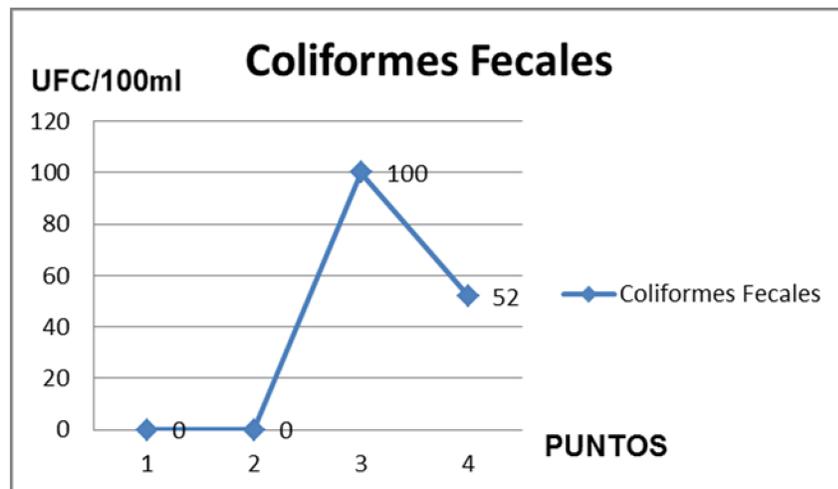
Fuente: Universidad de Nariño. Laboratorio de aguas y este estudio. 2011

Gráfico 12 Coliformes Totales



Fuente: Este estudio. 2011

Gráfico 13 Coliformes Fecales



Fuente: Este estudio. 2011

El agua contiene suficientes sustancias nutritivas que permiten el desarrollo de diferentes microorganismos. Las bacterias del agua no solamente provienen del contacto con el aire, el suelo, animales, plantas vivas o en descomposición o minerales, sino también, por presencia de materia fecal. El grupo coliformes que incluye bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, Gram-

negativas, no formadoras de esporas; presentes en los excrementos humanos, es muy grande. La secreción diaria por persona puede variar entre 125 x 10¹⁰ y 400 x 10⁹. En este sentido los altos valores registrados como resultados en las muestras de agua de la quebrada, se considera como un índice evidente de la ocurrencia de polución fecal y por tanto, de contaminación con organismos patógenos, siendo la principal fuente de contaminación del sistema la actividad humana y la ganadería los cuales vierten sus desechos directamente a esta fuente. Lo cual ha generado a lo largo del tiempo un detrimento en la calidad del agua de esta quebrada y por ende un aumento en la afectación de la salud de esta población. Esto también es posible determinar a partir de los resultados obtenidos en el análisis de agua intradomiciliaria por el IDSN³⁵ ya que en ellos son observables valores de coliformes totales a nivel de 410 UFC y de 74 UFC para coliformes fecales; por tal motivo el agua según este parámetro no es apta para consumo humano pues representa alto riesgo para la salud.

A continuación se presenta las principales enfermedades causadas por el consumo de agua no apta o contacto con la misma y número de casos en el año 2009 y el porcentaje (%) de personas afectadas con respecto al total del municipio. Como resultado de estudio realizado por la dirección del Plan de Atención Básica (PAB) de Mallama se obtuvo que un total de 1074 casos de rinfaringitis aguda resfriado común con un porcentaje de **10,86%** de personas afectadas con respecto al total, siendo esta el mayor problema a tener en cuenta por las autoridades departamentales y locales debido a que todo esto se ha presentado por el consumo de agua no apta para los habitantes de este municipio. Ver (Tabla 6).

En este mismo estudio se tuvo 727 casos de diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso con un porcentaje de **7.35%** de personas afectadas con respecto al total, convirtiéndose en la segunda causa de enfermedad por el consumo de agua no apta para este mismo año. Por otro lado se presentaron 721 casos de Infección de vías urinarias. Sitio no especificado para un porcentaje de **7.29%** de personas afectadas con respecto al total, siendo esta la tercer causa de enfermedad por el consumo de agua no apta. Ver (Tabla 6).

Continuando se tiene 695 casos de amigdalitis aguda no especificada con un porcentaje de **7,02%** de personas afectadas con respecto al total del municipio, convirtiéndose en la cuarta causa de enfermedad por el consumo de agua contaminada. Además se presentaron 684 casos de parasitosis intestinal con un porcentaje de **6,91%** de individuos afectados y llevándola a convertirse en la quinta enfermedad por el consumo de agua contaminada con algún tipo de organismo patógeno Ver (Tabla 6).

³⁵ Ibid.

Por último se presentaron un total de 456 casos de faringitis aguda no especificada para un porcentaje de **4,61%** de personas afectadas con respecto al total del municipio y siendo esta la causa de enfermedad de menor impacto en la salud de la población del municipio que se presenta por el consumo de agua no apta para el año 2009. Ver (Tabla 7).

Tabla 7. Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta o contacto con la misma y número de casos en el año 2009.

Enfermedades causadas por el consumo de agua no apta.	No de casos en el año 2009	% de personas afectadas con respecto al total del municipio
Rinfaringitis aguda resfriado común	1074	10,86%
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	727	7,35%
Amigdalitis aguda no especificada	695	7,02%
Parasitosis intestinal	684	6,91%
Faringitis aguda no especificada	456	4,61%
Infección de vías urinarias. sitio no especificado	721	7,29%

Fuente. Dirección del PAB de Mallama.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El agua natural, de la microcuenca Chala presenta características físicas como olor, sabor aceptables; en cuanto a la turbiedad se presentan problemas debido a que los resultados indican un exceso en los puntos de muestreo 1,2 y 3 con valores que oscila entre (5 – 40 UNT), los cuales superan por un amplio margen los parámetros mínimos exigidos por la OMS y la resolución 2115 de 2007 los cuales no deben exceder los (5UNT) y (2UNT) respectivamente. Sin embargo se observó que en el punto 4 (Intradomiciliario) los resultados arrojan un valor de turbiedad de (0.5UNT), por lo cual se logró determinar que desde el punto de vista que desde el punto de vista físico el agua de la quebrada chala no presenta riesgo para la salud de la población.

Desde el punto de vista químico, el agua de la quebrada presenta niveles de nitritos comprendidos entre (0,0071 – 0,0011) en los cuatro puntos de muestreo, los cuales se mantienen por debajo de los niveles exigidos por las normas de la organización mundial de la salud - OMS y por la Resolución 2115 de 2007 los cuales no deben exceder los (0,2mg/L NO₂⁻) y (0,1mg/L NO₂⁻) respectivamente. Por lo cual se logró determinar que desde el punto de vista químico el agua de la quebrada chala no presenta riesgo para la salud de la población.

Desde el punto de vista microbiológico y bacteriológico, el agua de la quebrada presenta un grupo de bacterias denominadas coliformes evidenciando una contaminación con materia fecal, y por tanto la exposición a contaminación de humanos y animales domésticos con organismos patógenos.

Desde este punto de vista que el agua de esta quebrada no es apta para consumo humano, lo que implica un alto riesgo para la salud de la población del casco urbano de Mallama; debido a que según la Resolución 2115 de 2007 los valores para estos dos parámetros debe ser igual a 0 UFC/100cm³.

La microcuenca Chalá actualmente presenta un estado de intervención medio, principalmente ocasionada por la extensión de la frontera Agropecuaria y las técnicas de producción inadecuadas. Además uno de los problemas actuales es la presencia de cultivos ilícitos en la parte alta de la microcuenca.

Como conclusión podemos decir que en toda la microcuenca se evidencia un problema el cual es las malas técnicas de producción agropecuaria siendo la principal causa de este el desconocimiento de la producción agroecológica para el uso del suelo en armonía con el medio ambiente y como efecto contraproducente se tiene el deterioro de los suelos, la erosión, sedimentación de la quebrada, baja retención de agua, contaminación por excretas de animales ya que el ganado invade algunos nacimientos afluentes de la quebrada para utilizarla como bebederos. Siendo todo esto factores que contribuyen a la contaminación y detrimento de la calidad de agua de la quebrada.

Entre los principales problemas de salud tenemos como en primer lugar 1074 casos de rinfaringitis aguda o resfriado común con un porcentaje de **10,86%** de personas afectadas con respecto al total de la población, en segundo lugar tenemos 727 casos de diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso con un porcentaje de **7.35%** de personas afectadas con respecto al total, en tercer lugar encontramos 721 casos de Infección de vías urinarias en sitio no especificado para un porcentaje de **7.29%** de personas afectadas con respecto al total poblacional.

Una alternativa que podría contribuir en la mitigación del impacto ejercido por las actividades del hombre y los animales al sistema sería la protección de los causes de la quebrada con el propósito de impedir el paso de los animales directamente a la fuente y respetando la distancia mínima de 15 metros que debe existir entre una fuente hídrica y un cultivo. Consecuentemente con lo anterior se hace necesaria la implementación de especies arbóreas protectoras con el propósito de proteger el cauce de la quebrada y de esta forma contribuir a que se mantenga una buena cobertura vegetal y de paso la oferta hídrica manteniendo un sistema en equilibrio y sostenible en el tiempo.

Cabe resaltar que la ganadería bovina no atenta contra la sostenibilidad ecológica, siempre y cuando se implementen alternativas que conlleven a realizar un uso adecuado de esta como lo es la implementación de sistemas silvopastoriles que generan relaciones positivas entre el suelo, las pasturas y los animales.

Sería recomendable integrar organismos gubernamentales, empresa de servicios públicos y comunidad, de tal manera que trabajen conjuntamente buscando un mejor manejo del recurso hídrico en mención, esto mediante talleres de concientización, prestando asistencia técnica, con el fin de encontrar unidad de tal manera que se logre un equilibrio y un buen uso de esta quebrada hacia futuro, teniendo en cuenta que las generaciones venideras puedan disfrutar de una adecuada calidad de este recurso, lo que se vería reflejado en el mejoramiento de su salud y por ende de su calidad de vida.

También es importante que se coordine con los centros educativos actividades escolares para la conservación del recurso hídrico con el fin de que los estudiantes desde muy temprana edad realicen un uso adecuado del agua y lleven estas actividades hasta sus hogares.

Como recomendación general se sugiere realizar control y vigilancia constantes de las fuentes de contaminación por materias fecales y materia orgánica. A pesar de que los tramos de la quebrada aguas arriba de la bocatoma se encuentran en mejor estado, la presencia de contaminación fecal es una alarma para promover el seguimiento permanente, con el fin de preservar esta fuente de abastecimiento de agua. Para lograrlo se puede tener como soporte la descripción de los sitios de

muestreo y la de las fuentes de contaminación que se encuentran en el diagnóstico de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, D y ORDOÑEZ, J. Evaluación de la calidad del agua y niveles de protección de los cauces en la microcuenca El Quinche, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Universidad de Nariño: Facultad de Ciencias Agrícolas. 2009. 36p

ALMEIDA, Alexandra. Acción Ecológica. Contaminación de los recursos hídricos. [En línea]. 2009. [Citado en 21 de Abril de 2011]. p. 2. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/dpanamito/contaminacion-de-los-recursos-hidricos>

ARCOS, I. Efecto del ancho los ecosistemas ripários en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles en Copán – Honduras. Turrialba: Costa Rica. Trabajo de Grado. Magister Scientiae 2005. 139p

AST, Eduardo; PERI, Eliana y RAMÍREZ, Ma. Fernanda. Los recursos hídricos. Argentina: [s.n.]. 2004. 85 p.

ASVALL, J. y Alleyde, G. 1999. Agua y salud. Washington, Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud. 20 p.

CANTER, Larry W. 1998. Manual de evaluación del impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Madrid, España: Mc Graw Hill. p. 154-162, 231-294.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 99. (22 de Diciembre de 1993). Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones. Santafé de Bogotá, D.C. 1993.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. La calidad del agua para consumo humano en Colombia. 2008. 83 p.

CUENCA, Luis y VILLA, Mercedes. Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pindal por un método natural. Tesis de ingeniería civil. Loja, Ecuador: Universidad técnica particular de Loja, Escuela de ingeniería civil, 2010. 249 p.

ECHARRI, Luis. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente [Libro electrónico]. Teide 2da ed. Argentina. 1998. Disponible en internet: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>

EQUIPO TECNICO MUNICIPIO DE MALLAMA. Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Mallama, Nariño. Junio 2009. p. 8

GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS [en línea]. Venezuela: Vitalis. 2010 [citada en 2011]. Disponible en internet: http://www.vitalis.net/gestiondelagua_GIRH.htm

JOURAVLEV, A. 2001. Recursos Naturales e Infraestructura: Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI; Naciones Unidas.

MADROÑERO, S. Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto Colombia. Turrialba: CATIE. 2006. 197 p. Tesis de grado. Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1575 (9 de mayo de de 2007). Edición 46.623. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Santafé de Bogotá, D.C: DIARIO OFICIAL, 2007. p. 1, 3- 5.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 (4 de Julio de de 2007). Edición 46.679. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Santafé de Bogotá, D.C: diario oficial, 2007. P 2- 5, 8- 9.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS (WWAP). Primer informe de las naciones unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: Agua para todos, agua para la vida. 2003. En: Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura UNESCO. Programa mundial de los recursos hídricos. p. 11.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Control de la contaminación del agua: guía para la aplicación de principios relacionados con la calidad del agua. R. Helmer e I. 1997. ISBN 0419229108

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Decreto 1729 del 2002, sobre los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.

UNION TEMPORAL COLOMBIA. Diagnostico a nivel técnico e institucional en sus componentes legal, operacional, comercial financiero y organizacional de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de los departamentos Caldas, Quindío, Cauca y Nariño. Informe No. 2. Diagnostico Componente Técnico. Municipio de Mallama, departamento de Nariño. 2008. p. 1.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, SECCION DE LABORATORIOS. Instructivo: Muestreo – Agua – Usuarios. LBE-PRS-IN-17. Nariño: La universidad, 2010. 7 p.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA, FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS. Contaminación del agua [En línea]. 2010. [Citado en 25 de Mayo de 2011]. p. 4. Disponible en internet: <http://www.slideshare.net/marcelosantiago/contaminacion-del-agua-6480437>

VOLKE, Tania; VELASCO, Juan y DE LA ROSA, David. Muestreo y caracterización de un sitio. En: Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. México: [s.n]. 2005.