



RESUMEN

La Junta Regional Cojitambo brinda servicio de agua potable aproximadamente a 2.000 usuarios englobados en 23 comunidades, es por ello de vital importancia que el líquido cumpla con todas las especificaciones dadas por la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2006, con lo que se garantiza la inocuidad del mismo.

Verificar la calidad del agua de quienes la consumen, fue el principal objetivo de este proyecto; los criterios de análisis se aplicaron tanto en parámetros físico-químicos, como en microbiológicos, en todo el proceso de tratamiento destinado al agua.

De este seguimiento se obtuvieron resultados para los parámetros antes mencionados y se pudo determinar que el agua cumple satisfactoriamente con los parámetros físico-químicos, no así para los parámetros microbiológicos en donde se determinó que el líquido que se distribuye a la red domiciliaria presenta un índice elevado de contaminación.

Dicho problema se debe a que en la planta de tratamiento, el líquido no tiene un adecuado proceso de cloración y a esto se suma la ausencia de profesionales, que se requiere para que exista un control constante durante el proceso de tratamiento del agua.

Palabras clave:

Agua potable, INEN 1108:2006, calidad del agua, control, microbiológico, físico-químico



ÍNDICE
RESUMEN
INTRODUCCIÓN

CAPITULO I	1
1. El Agua	2
1.1. Importancia del Agua	2
1.2. Composición físico-Química de acuerdo a la Norma INEN 1108:2006	3
1.3. Importancia Bioquímica	5
1.4. Importancia Nutricional	6
1.5. Higiene del Agua	7
1.6. Enfermedades de Origen Hídrico	7
1.7. Organismos Patógenos	8
1.7.1. Bacterias	9
1.7.1.1. Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes	9
1.7.2. Virus	11
1.7.3. Protozoos	11
1.7.4. Algas	12
1.7.5. Hongos	12
1.8. Aguas Superficiales	12
1.8.1. Generalidades	13
1.8.2. Ciclo Hidrológico	13
1.8.3. Factores que afectan la calidad del Agua	14
1.8.4. Riesgos de la calidad del Agua	14
CAPITULO II: Materiales y Métodos	16
2.1 Características de la muestra	17
2.2 Tamaño de la muestra	17
2.3 Situación actual del agua potable en la Parroquia Cojitambo del Cantón Azogues	20
2.3.2. Proceso de Tratamiento	22
2.3.2.1 Transporte del líquido hacia la planta de tratamiento	22
2.3.2.2 Filtración, a través de filtros lentos	23
2.3.2.3 Cloración	27
2.3.2.4 Proceso de Distribución a los tanques reservorios y	29

red domiciliaria	
2.3.3 Especificaciones para la toma de la muestra	31
2.4. Análisis Físico-químico del Agua	32
2.4.1 Turbiedad	32
2.4.1.1 Determinación de la turbiedad según norma INEN 0971:1984	33
Método nefelométrico	
2.4.2 Color	34
2.4.2.1 Determinación del color según norma INEN 0970:1984	34
2.4.3 Temperatura	35
2.4.4 Sólidos	35
2.4.5 Conductividad	36
2.4.6 pH	38
2.4.6.1 Determinación del pH según norma INEN 0973:1984	39
2.4.7 Dureza	39
2.4.7.1 Determinación de la dureza total por titulación con EDTA según norma INEN 0974:1984	41
2.4.7.2 Determinación de la Dureza cálcica y Dureza magnésica, por titulación con EDTA según INEN 1107.	44
2.4.8 Alcalinidad	46
2.4.8.1 Determinación de la alcalinidad, método de indicadores (Estándar Métodos 1992).	47
2.4.9 Cloruros	51
2.4.9.1 Determinación de cloruros método Argentométrico según norma INEN 0976:1984	52
2.4.10 Cloro residual	54
2.4.10.1 Determinación de Cloro residual según método de Orto-tolidina (Estándar Métodos 1992)	55
2.4.11 Nitritos	57
2.4.11.1 Determinación de Nitrógeno de Nitritos, método de Diazotización(Estándar Métodos 1992)	58
2.5. Caracterización de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes	60
Terminología, Métodos y Ensayos.	
2.5.1 Agua potable- terminología, según norma INEN 1108:2006	60
2.5.2 Requisitos Microbiológicos para el agua potable según norma INEN 1108:2006	60
2.5.3 Bacterias Coliformes Totales	60
2.5.3.1 Morfología e identificación	60



2.5.3.2 Características de Crecimiento	61
2.5.3.3 Epidemiología	62
2.5.3.4 Influencia en el medio ambiente	63
2.5.4 Bacterias Termotolerantes	63
2.5.4.1 Morfología e Identificación	63
2.5.4.2 Características de Crecimiento	65
2.5.4.3 Epidemiología	65
2.5.4.4 Influencia en el medio Ambiente	66
2.6 Métodos y Ensayos	66
2.6.1 Recolección de Muestras	66
2.6.2 Recuento de Coliformes Totales por la Técnica del NMP y Tubos Múltiples.	67
2.6.2.1 Generalidades	67
2.6.2.2 Fundamento	67
2.6.2.3 Reactivos	67
2.6.2.4 Procedimiento	69
2.6.3 Recuento de Coliformes Termotolerantes por la Técnica del NMP y Tubos Múltiples.	74
2.6.3.1 Generalidades	74
2.6.3.2 Fundamento	74
2.6.3.3 Procedimiento	75
2.6.4 Prueba Confirmatoria de Coliformes Totales en Agar Eosina Azul de Metileno.	76
2.6.4.1 Generalidades	76
2.6.4.2 Fundamento	76
2.6.4.3 Procedimiento	77
CAPITULO III: Resultados y discusión	79
3.1 Análisis Estadístico del control físico-químico y Microbiológico del Agua de la Parroquia Cojitambo	80
3.1.1 Estadística descriptiva	80
3.1.1.1. Parámetros de centralización	80
3.1.1.2. Parámetros de dispersión	80
3.2. Análisis de datos	81
3.2.1 Resultados del control físico-químico	82
3.2.1.1 Análisis general de datos de las muestras procedentes de las captaciones.	94



3.2.1.2 Análisis general de datos de las muestras procedentes de la Planta de Tratamiento.	98
3.2.1.3 Análisis general de datos de las muestras procedentes de las Reservas y de la Red de Distribución.	107
3.2.2 Análisis de datos del Control Microbiológico.	109
3.2.2.1. Análisis general de datos de las muestras procedentes de las captaciones.	119
3.2.2.2 Análisis general de datos de las muestras procedentes del agua de ingreso y del agua filtrada de la planta de tratamiento.	121
3.2.2.3 Valoración general de la remoción de material biológico en los filtros.	125
3.2.2.4 Análisis de datos de las muestras procedentes de la red de distribución, incluido las reservas y el agua de salida de la planta.	127
3.3. Conclusiones	132
3.4. Recomendaciones.	137

ANEXOS

ANEXO 1: Norma INEN para agua Potable 1108:2006

ANEXO 2: Comunidades y Usuarios del Sistema

ANEXO 3: Cálculo y Registro del NMP

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

1.6. Lista de patógenos conocidos o sospechosos de origen hídrico.	8
2.2. Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida según norma INEN 1108:2006	18
2.1-a. Muestras para control Físico Químico	19
2.1-b. Muestras para Control Microbiológico	19
2.4.5 Factores para conversión de valores de Conductividad a 25°C	37
2.4.7-a Clasificación de las aguas por su dureza	40
2.4.7-b Cationes y aniones de dureza en orden de abundancia.	40
2.4.8 Rango de Alcalinidad para aguas	47
2.4.8.1 Relación entre formas de alcalinidad.	49
2.5.2 Requisitos Microbiológicos para el agua potable según Norma INEN 1108:2006	60
2.5.4.1 Clasificación de E.coli	64
2.6.2.3 Preparación del medio líquido de Lauril Triptosa	68



2.6.4.3 Colonias Típicas y atípicas en agar EMB	77
3.2- a Resultados de Control Físico-Químico de junta de agua potable Regional Cojitambo: captaciones	82
3.2-b. Resultados de control físico-químico de junta de agua potable regional Cojitambo: reservas	83
3.2-c Resultados de control físico-químico de junta de agua potable regional Cojitambo: planta de tratamiento	84
3.2-d. Resultados de Control fisico-Químico de junta de agua potable Regional Cojitambo: Red Domiciliaria.	85
3.2- e. Resultados de control microbiológico de junta de agua potable regional Cojitambo: captaciones	90
3.2-f. Resultados de control microbiológico de junta de agua potable regional Cojitambo: reservas	90
3.2-g. Resultados de control microbiológico de junta de agua potable regional Cojitambo: planta de tratamiento	91
3.2-h. Resultados de control microbiológico de junta de agua potable regional Cojitambo: red de distribución	92
3.2.1.1-a Cálculo Estadístico Ph	94
3.2.1.1- b Cálculo Estadístico de Color	94
3.2.1.1- c Cálculo Estadístico de Conductividad	95
3.2.1.1- d Cálculo estadístico de STD	95
3.2.1.1- e Cálculo estadístico de Turbiedad	96
3.2.1.1- f Cálculo estadístico de Alcalinidad	96
3.2.1.1- g Cálculos estadísticos de Cloruros	97
3.2.1.1- h Cálculos estadísticos de Dureza	98
3.2.1.2- a Cálculos estadísticos de pH: Planta de Tratamiento	99
3.2.1.2- b Cálculos Estadísticos de Color: Planta de Tratamiento	100
3.2.1.2- c. Cálculos estadísticos de Turbiedad: Planta de Tratamiento	101
3.2.1.2- d. Cálculos Estadísticos de Alcalinidad: Planta de Tratamiento	102
3.2.1.2- e. Cálculo Estadístico de Conductividad: Planta de Tratamiento	103
3.2.1.2- f. Cálculo Estadístico de STD: Planta de Tratamiento	104
3.2.1.2- g. Cálculo Estadístico de Cloro Residual: Planta de Tratamiento	105
3.2.1.2- h. Cálculos Estadístico de Cloruros: Planta de Tratamiento	106
3.2.1.2- i. Cálculos Estadísticos de Dureza: Planta de Tratamiento	107
3.2.1.3- a. Cálculos Estadísticos de pH: Reservas y Red de Distribución	108
3.2.1.3- b. Cálculos Estadísticos de Color: Reservas y Red de Distribución	109
3.2.1.3-c. Cálculos Estadísticos de Conductividad: Reservas y Red de Distribución	110



3.2.1.3- d. Cálculos Estadísticos de STD: Reservas y Red de Distribución	111
3.2.1.3- e. Cálculos Estadísticos de Turbiedad: Reservas y Red de Distribución	112
3.2.1.3-f. Cálculos Estadísticos de Alcalinidad: Reservas y Red de Distribución	113
3.2.1.3- g Cálculos Estadísticos de Cloro Residual: Reservas y Red de Distribución	114
3.2.1.3- h. Cálculos Estadísticos de Cloruros: Reservas y Red de Distribución	115
3.2.1.3- i. Cálculos Estadísticos de Dureza: Reservas y Red de Distribución	116
3.2.1.3- j. Cálculos Estadísticos de Nitritos	118
3.2.2.1-a Resultados Coliformes Totales de la Captaciones	119
3.2.2.1-b Resultados de Coliformes termotolerantes de las captaciones.	120
3.2.2.2-a Resultados de Coliformes Totales en Agua de Ingreso	121
3.2.2.2-b Contaminación con Coliformes termotolerantes en el agua de ingreso a la planta de tratamiento.	122
3.2.2.2-c Resultados de Coliformes totales en agua filtrada	123
3.2.2.2-d Resultados de Coliformes termotolerantes en agua filtrada	124
3.2.2.3-a Remoción de Coliformes totales en las unidades de filtración.	125
3.2.2.3-b. Remoción de Coliformes termotolerantes en las unidades de filtración.	125
3.2.2.4-a Frecuencias de muestras agrupadas en índices de Coliformes Totales. NMP/100ml	128
3.2.2.4-b frecuencias de muestras agrupadas en índices de Coliformes Termotolerantes NMP/100ml.	130

INTRODUCCIÓN

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza.

Sin embargo hoy en día y a nivel mundial se ha desencadenado una gran problemática por este recurso que cada día se vuelve más escaso.

Nuestro país no se encuentra libre de dicho problema, ya que según datos oficiales expuestos en el informe de rendición de cuentas de la secretaría nacional del agua (SENAGUA), en donde se menciona que la cobertura de los servicios de agua de consumo (potabilizada y entubada) alcanzaba hasta el año 2006 aproximadamente el 67% de los hogares en el Ecuador.

No obstante, existen dos hechos que son aun más preocupantes que las cifras anteriores y se enmarcan en la calidad del agua:

- El 50% del “agua potable” no cumple con las normas INEN.
- Y los recursos hídricos del país de los cuales se abastecen los habitantes que no tienen acceso al agua entubada son altamente contaminados.

Con estos datos no tan favorables surge la necesidad de realizar un monitoreo de la calidad del agua que se distribuye a los diferentes usuarios y determinar que si el mencionado recurso cumple con los parámetros establecidos en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108:2006.

El controlar estos parámetros nos brinda la información necesaria para poder determinar la idoneidad del agua que se distribuye y evaluar los procesos implicados en el tratamiento del mismo, a fin de encontrar soluciones a corto plazo que garanticen la calidad del líquido y así evitar riesgo en la salud de los usuarios.



1

EL AGUA



1. EL AGUA

El agua es una sustancia compuesta por moléculas integradas por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno. Es mayoritaria en la corteza terrestre y constituye la mayor parte de los seres vivos, los cuales ven posibilitadas sus funciones vitales gracias a ella. Es un líquido inodoro, incoloro e insípido cuyo punto de fusión es 0°C y tiene un punto de ebullición de 100°C. Posee un elevado calor específico que es el responsable del poder termorregulador que ejerce sobre el clima global del planeta. Por otra parte, debido a las fuerzas de cohesión entre sus moléculas y a las características estructurales que éstas tienen, es el disolvente más habitual para todo tipo de procesos que se den en disolución.¹

1.1 Importancia del Agua

Es sumamente importante que consideremos el agua como un producto básico, escaso, de gran valor económico y social.

El Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas, declaró “El derecho humano al agua”, en donde, otorga el derecho a todos, al agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y asequible para uso personal y doméstico.² Estos cinco atributos constituyen las bases para la seguridad del agua. Además, representan los parámetros de un derecho humano que se viola amplia y sistemáticamente en una gran parte de la humanidad. Para unos 1.100 millones de personas, el agua suficiente, segura, aceptable, accesible y posible para la vida es una esperanza de futuro, no una realidad del presente.

Países enteros están retrasando su avance por la letal interacción entre la inseguridad del agua y la pobreza. La justificación moral, ética y legal

¹ TEIJÓN, José. “Bioquímica Estructural, conceptos y test” Editorial Tébar. México D.F. 2001.

²PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS, Informe sobre desarrollo humano 2006. “Agua para el consumo humano”. Editorial Aedos. Capítulo 2.



para cambiar esta situación, está enraizada en el reconocimiento de que el agua limpia es un derecho humano.

1.2 Composición Físico-Química de acuerdo a la Norma INEN 1108:2006

La composición físico-química del agua está definida por la presencia de sustancias químicas disueltas e insolubles en el agua, que pueden ser de origen natural o antropogénico.

Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, gusto, etc.), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad; en tanto las características químicas hacen referencia a la presencia de cualquier elemento de la tabla periódica en ella. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

En nuestro país, la norma INEN 1108:2006 (ver anexo 1) establece parámetros físico-químicos que el agua debe cumplir para ser considerada como potable, no obstante para el presente estudio se tomaron ciertos parámetros que nos permiten hacer una evaluación general de la calidad de dicho líquido, para dicho efecto se consideró la influencia de cada uno de ellos en las características que exigen la norma INEN 1108:2006 para agua potable.

A continuación se define los parámetros físico-químicos que han sido analizados en el agua:

- **Color**

El color es un parámetro que nos permite conocer la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, que pueden ser de origen vegetal y a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.) en el agua, y que influye en el aspecto físico de la misma.



- ***Turbiedad***

La turbidez es un parámetro relacionado con el grado de transparencia y limpieza del agua que a su vez depende de la cantidad de sólidos en suspensión del agua que pueden ser resultado de una posible actividad biológica o simplemente una presencia de componentes no deseables.

- ***Conductividad***

La conductividad evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución fundamentalmente: cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio. Por ello, se la considera una medida generalmente útil como indicador de la calidad de aguas dulces.

- ***Sólidos Totales Disueltos***

Los sólidos totales disueltos, además de suponer la presencia de cuerpos o substancias extrañas que pudiesen en algún caso no ser recomendables, aumentan la turbidez del agua, lo que disminuye la calidad de la misma.

- ***Nitritos***

Los nitritos se convierten en un importante indicador de contaminación, advirtiendo una posible presencia de microorganismos que pueden afectar la calidad del agua.

- ***Cloro Residual***

Es esencial mantener las cantidades adecuadas de cloro para obtener agua óptima para consumo humano, esto va a depender directamente de la dosificación del mismo.

- ***Cloruros***

Los cloruros pueden influir en la corrosividad del agua a partir de ciertas concentraciones, además pueden ejercer una acción disolvente sobre ciertas sales presentes en ella y también sobre algunos componentes del cemento, al impartirles una acción erosionante, en especial a pH bajo.

- **pH**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución.

Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

- **Dureza**

La dureza es un parámetro de importancia pues, el agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado. No se ha definido si la dureza tiene efectos adversos sobre la salud.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación. Además, este parámetro tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y, cuando alcanza niveles altos, puede tener efectos sobre el sabor.

Depende de la cantidad de carbonatos y bicarbonatos que contenga el agua.

- **Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la



absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, flocculación, sedimentación y filtración.

1.3 Importancia Bioquímica

El agua es una biomolécula inorgánica, es la más abundante en los seres vivos. Los procesos de la vida requieren que una gran variedad de

iones y moléculas se muevan en proximidad, es decir, que sean solubles en un medio común. El agua funciona como disolvente universal en los medios intracelular y extracelular gracias a su destacada capacidad como disolvente.

Por lo tanto, esta capacidad disolvente es la responsable de dos funciones importantes para los seres vivos: es el medio en que transcurren las mayorías de las reacciones del metabolismo, y el aporte de nutrientes y la eliminación de desechos metabólicos se realizan a través de sistemas de transporte acuosos. *“No existe proceso vital alguno que pueda concebirse independientemente de la participación directa o indirecta del agua”*³.

1.4 Importancia Nutricional

Aunque el agua se excluye a menudo de las listas de nutrientes, es esencial para el mantenimiento de la vida, en tanto debe ser aportada por la dieta, en cantidades muy superiores a las que se producen en el metabolismo. El agua debe pues considerarse como un verdadero nutriente.

No hay otra sustancia tan ampliamente involucrada en diversas funciones como el agua. Todas las reacciones químicas del organismo tienen lugar en un medio acuoso; sirve como transportador de nutrientes y vehículo para excretar productos de desecho; lubrica y proporciona

³ FERNÁNDEZ, Osvaldo. “Bioquímica del Agua”. Marzo 2008.



soporte estructural a tejidos y articulaciones. Una función a destacar es el importante papel que juega en el proceso de la termorregulación.

La elevada capacidad calorífica del agua permite que nuestro organismo, que tiene un elevado porcentaje de la misma, sea capaz de intercambiar calor con el medio exterior (coger o ceder) ocasionando sólo pequeñas variaciones de temperatura. El agua ayuda a disipar la carga extra de calor, evitando variaciones de temperatura que podrían ser fatales.

1.5 HIGIENE DEL AGUA

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro suficiente, inocuo y accesible. La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Para lo cual se pueden utilizar diversos métodos como la desinfección, que es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua para consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal.⁴

1.6 ENFERMEDADES DE ORIGEN HÍDRICO

Existe un gran número de microorganismos implicados en las enfermedades de origen hídrico, incluyendo protozoos, virus y bacterias.

La enfermedad hídrica es normalmente aguda y se caracteriza por síntomas gastrointestinales como: diarrea, fatiga, calambres y dolores abdominales. El tiempo entre la exposición a un agente patógeno y el brote de enfermedad puede variar desde dos días al menos (*Salmonella*

⁴ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. "Guías para la calidad de Agua potable: control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades" Editorial Washington. 2006.



y *Shigella*) a una o más semanas (*Virus de la Hepatitis A, Giardia, y Criptosporidium*).

El agente causante no se identifica en casi un 50% en los brotes de enfermedad hídrica.

La mayoría de los brotes son producidos por el uso de aguas no tratadas, o por tratamientos inadecuados en ella; es por esta razón que gran parte de dichos brotes tiende a ocurrir en pequeños sistemas.⁵

1.7 ORGANISMOS PATÓGENOS

Los organismos patógenos que han sido implicados en enfermedades de origen hídrico, incluyen bacterias, virus, protozoos y algas.

Tabla 1.6. *Lista de patógenos conocidos o sospechosos de origen hídrico.*

Organismo	Enfermedad Principal	Origen Principal
BACTERIAS		
<i>Salmonella typhi</i>	Fiebre Tifoidea	Heces Humanas
<i>Salmonella paratyphi</i>	Fiebre Paratifoidea	Heces Humanas
Otras especies de <i>Salmonella</i>	Gastroenteritis (Salmonelosis)	Heces animales y humanas.
<i>Shigella</i>	Disentería Bacilar	Heces Humanas
<i>Vibrio Cholerae</i>	Cólera	Heces humanas, agua costera
<i>Escherichia Coli</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Yersinia Enterocolítica</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Campilobacter yeyuni</i>	Gastrienteritis	Heces humanas y animales
<i>Legionella pneumófila</i>	Enfermedad de Leginarios	Agua caliente.
<i>Microbacterium avium</i> intracelular	Enfermedad Pulmonar	Heces humanas, agua, suelo.
<i>Pseudomonas persiginora</i>	Dermatitis	Agua Naturales.

⁵ LETTERMAN, Raymond. "Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria". Editorial McGraw-Hill. Madrid 2002.



<i>Helicobacter pylori</i>	Ulceras pépticas	Saliva, Heces humanas.
VIRUS ENTERICOS		
<i>Poliovirus</i>	Poliomielitis	Heces humanas.
<i>Ecovirus</i>	Enfermedades del Aparato respiratorio superior	Heces humanas
<i>Rotavirus</i>	Gastroenteritis	Heces humanas.
<i>Virus de Norwalk y otros calicivirus</i>	Gastroenteritis	Heces humanas.
<i>Virus de la Hepatitis A</i>	Hepatitis infecciosa	Heces humanas.
<i>Virus de la Hepatitis E</i>	Hepatitis	Heces humanas.
<i>Astrovirus</i>	Gastroenteritis	Heces humanas.
<i>Adenovirus Entérico</i>	Gastroenteritis	Heces humanas.
Protozoos y otros Organismos		
<i>Giardia Lamblia</i>	Giardiasis (Gastroenteritis)	Heces humanas y animales
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Cryptosporidiosis (Gastroenteritis)	Heces humanas y animales
<i>Entameba histolítica</i>	Disentería amebiana	Heces humanas y animales
<i>Cyclospora cayatanensis</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Microspora</i>	Gastroenteritis	Heces humanas y animales
<i>Acantameba</i>	Infección de los ojos	Tierra y agua
<i>Algas azul- verdosas</i>	Gastroenteritis, daños al hígado, daños del sistema nervioso.	Aguas Naturales
<i>Hongos</i>	Alergias respiratorias	Aire, Agua
LETTERMAN, Raymond. "Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria". Editorial McGraw-Hill. Madrid 2002.		

1.7.1 BACTERIAS

Son microorganismos unicelulares que poseen un núcleo no bien definido y se reproducen por división binaria. Algunas bacterias acuáticas son heterotróficas, y usan fuentes de carbono orgánico para su desarrollo y energía, mientras que otras son autotróficas y utilizan dióxido de carbono o ion bicarbonato para su crecimiento y energía. Las



bacterias pueden también ser aerobias, anaerobias, o facultativas aerobias.

1.7.1.1 COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES TERMOTOLERANTES

- **Coliformes totales:** Son un grupo de bacterias que pertenecen a la familia de las *Enterobacterias*, y han sido utilizadas durante muchas décadas como el indicador idóneo para el agua potable. El grupo se define como aeróbico y anaerobio facultativo, gram-negativo, no formador de esporas, bacterias de forma redondeada que fermentan la lactosa a partir de carbohidratos, para producir ácido y gas en el plazo de 48 horas a 35°C.

El grupo de Coliformes totales incluye la mayoría de las especies de los géneros *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Escherichia*. Aunque todos los géneros pueden encontrarse en el intestino de los animales, la mayoría de bacterias están diseminadas en el medio ambiente, y pueden sobrevivir y proliferar en el agua.

Una excepción es *E. coli* que no sobrevive mucho tiempo fuera del intestino, excepto quizá en el agua caliente de los climas tropicales.

Por consiguiente dichas bacterias, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas.

Colitermotolerantes: Son un subgrupo del grupo de Coliformes totales. Se distinguen en el laboratorio por su habilidad para crecer a elevadas temperaturas (44.5 °C). Las poblaciones de Coliformes termotolerantes se componen predominantemente de *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*. Los Colitermotolerantes y *E. coli* son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente, que los Coliformes totales, pero no distinguen entre contaminación humana y animal.



➤ ***Escherichia coli***: En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*, pero *Escherichia coli* se puede distinguir de los demás Coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β -glucuronidasa.

E. coli está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales. Se considera que *Escherichia coli* es el índice de contaminación fecal más adecuado, por tanto es el microorganismo de elección para los programas de monitoreo que incluye la vigilancia de la calidad del agua de consumo.

Efectos sobre la salud humana

Como se ha dicho anteriormente *Escherichia coli* está presente en grandes concentraciones en la microflora intestinal normal de las personas y los animales donde, por lo general, es inocua. Sin embargo, en otras partes del cuerpo *E. coli* puede causar enfermedades graves, como infecciones de las vías urinarias, bacteriemia y meningitis. Un número reducido de cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda. Se han determinado varios tipos de *E. coli* enteropatógenas, basándose en diferentes factores de virulencia:

- *E. coli* enterohemorrágica (ECEH)
- *E. coli* enterotoxígena (ECET)
- *E. coli* enteropatógena (ECEP)
- *E. coli* enteroinvasiva (ECEI)
- *E. coli* enteroagregativa (ECEA)
- *E. coli* de adherencia difusa (ECAD).

1.7.2 VIRUS



La mayoría de los virus asociados con la transmisión por el agua son los que pueden infectar el aparato digestivo y son excretados en las heces de las personas infectadas (virus entéricos). Gran parte de los virus patógenos de origen hídrico causan enfermedades gastrointestinales agudas con un período de incubación corto. Se conocen más de cien tipos de virus entéricos y muchos se han hallado en las aguas subterráneas y aguas superficiales.

1.7.3 PROTOZOOS

Son organismos celulares que carecen de cubierta celular. Los protozoos son comunes en aguas marinas y terrestres, y algunos pueden crecer en tierra y en otros lugares. Los pocos protozoos que son patógenos para el hombre, normalmente se hallan en el agua como: Esporas resistentes, quistes y ooquistes, formas que los protegen de las tensiones medio-

ambientales y que a su vez los hace mucho más resistentes a la desinfección por cloro que los virus y la mayoría de las bacterias.

1.7.4 ALGAS

De modo diferente a otros patógenos de origen hídrico, las algas no plantean normalmente una inquietud con respecto a la salud. Sin embargo ciertas especies pueden producir neurotoxinas, hepatotoxinas, y otros tipos de toxinas que si se ingieren en altas concentraciones pueden ser peligrosas para la salud.

1.7.5 HONGOS

Más de 984 especies de hongos han sido aisladas en las aguas subterráneas no cloradas, en sistemas que utilizan aguas superficiales cloradas y servicios principales.

Estos incluyen *Aspergillus*, *Penicillium* y *Cladosporium*. No se ha documentado ningún brote de enfermedad todavía, pero existe una base



teórica para la enfermedad de origen hídrico, y es la proliferación de hongos en los sistemas de distribución de agua y los resultados potenciales para las quejas del olor y sabor, las esporas de hongos son relativamente resistentes al cloro, la filtración y la desinfección; si bien dichos procesos pueden reducirlas, no las eliminan del agua bruta.

1.8 AGUAS SUPERFICIALES

El agua superficial es aquella que yace sobre la superficie del suelo en cuerpos denominados como: quebradas, ríos, arroyos, embalses, lagunas, canales, desembocaduras, humedales y manantiales.

Los cursos de agua superficiales constituyen las arterias por las que se evacúan los excedentes hídricos procedentes de las precipitaciones en un territorio.

Su importancia reside en la proporción de sales que llevan disueltas; muy pequeña en comparación con las aguas marinas. Por eso se concluye que se trata de agua dulce.

1.8.1 Generalidades

La gestión de las fuentes de agua requiere una comprensión de los factores naturales y humanos que inciden sobre la calidad del agua. Los riesgos de calidad, importantes para los abastecedores que proporcionan y utilizan agua superficial, son la turbidez y contaminación proveniente de microbios, pesticidas y precursores de trihalometano.

1.8.2 Ciclo Hidrológico

La humedad de la superficie terrestre se evapora para formar nubes que luego se precipitan sobre la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. Esta humedad es absorbida por el suelo y se filtra hacia el subsuelo. Cuando la tasa de precipitación excede de la infiltración, tiene lugar el flujo sobre el terreno y las convierte en ríos y depósitos que reciben la escorrentía. El

agua de las fuentes superficiales alcanzará su destino final en el océano, donde el ciclo hidrológico comienza de nuevo con el proceso evaporativo.

La contaminación de las fuentes de agua se produce a través del ciclo hidrológico. Los contaminantes pueden ser concentrados, diluidos o transportados a través del ciclo y afectar la calidad del agua potable.

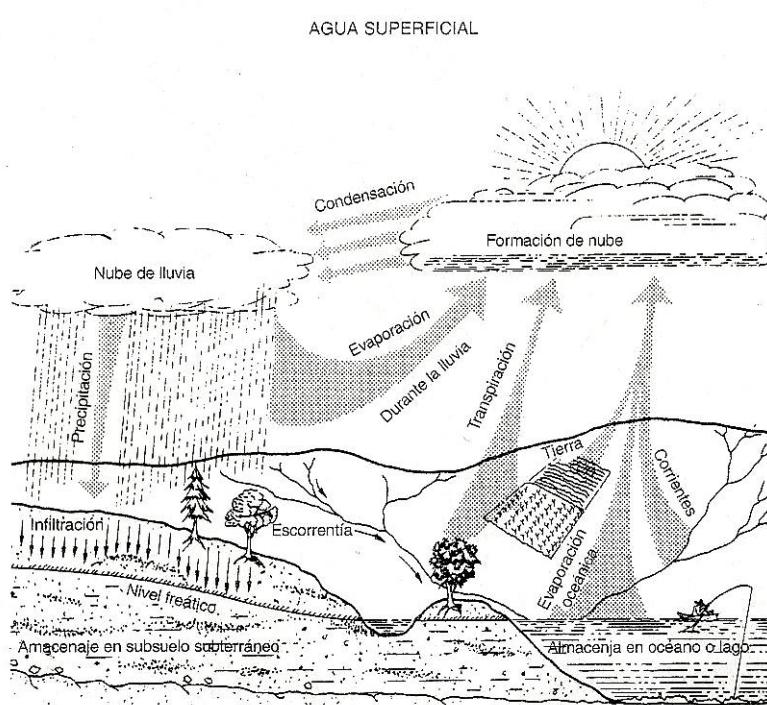


Gráfico 1.8.2 Ciclo Hidrológico

LETTERMAN, Raymond. "Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria". Editorial McGraw-Hill. Madrid 2002.

1.8.3 Factores que afectan la calidad del agua

Los factores que afectan a la calidad del agua, pueden clasificarse como: naturales o humanos, en origen, y de impacto puntual (o no puntual).

Las fuentes puntuales evacúan de una tubería u otro punto definido de descarga o emanación.

Los factores naturales que afectan a la calidad del agua incluyen el clima, topografía y geología de los lechos de agua, nutrientes, incendios, intrusión de agua marina, y densidad de estratificación de lagos o depósitos. Los



factores típicos humanos incluyen los vertidos de aguas residuales e instalaciones de residuos de riesgo, fugas y desprendimientos. En la categoría de fuente no puntual, los factores humanos comprenden los ciclos de agua agrícola y urbana, desarrollo temporal, y deposición atmosférica.

1.8.4 Riesgos de la Calidad del Agua

Los parámetros de riesgo de la calidad del agua incluyen las partículas sólidas, turbidez, nutriente (incluyendo nitrógeno y fósforo), carbono orgánico, bacterias Coliformes, metales, aceites, grasas, sodio, productos químicos tóxicos, algas, oxígeno disuelto y sustancias que degradan la calidad estética del agua.

Los nutrientes pueden aumentar la actividad microbiana, y de esta forma originar problemas de olor y sabor en el agua tratada.

Los metales pueden ser un riesgo para ambos tipos de vida, acuática y de salud pública. Las fuentes en orígenes comprenden las actividades industriales y agua residual. El aceite y la grasa interfieren en los procesos de tratamiento biológico, ocasionando problemas de mantenimiento y de riesgos estéticos. Los orígenes comprenden materias de queroseno, goteos y derrames de lubricantes, aceites de motores, gasolineras, industrias y desechos de alimentación y aceites de cocina.

Los productos químicos sintéticos orgánicos pueden afectar a ambas, vida acuática y salud humana, con un impacto que puede ser agudo o crónico. Las fuentes incluyen los productos agrícolas, de cuidado de prados, localización de industrias, carreteras, y aguas residuales.

2

Materiales y

Métodos

2.1 Características de la muestra

El presente estudio se realizó en la parroquia Cojitambo perteneciente al cantón Azogues, en un total de 100 muestras, en donde el 4% representa a las captaciones, Mamallipis y Galuay; el 18% corresponde a muestras tomadas en la planta de tratamiento; el 14% pertenecen a los tanques de distribución y el 64% representan las muestras tomadas en diferentes puntos de la red de distribución.

El control físico químico y microbiológico de las muestras se llevó a cabo durante 9 semanas consecutivas, para ello se tomó diez muestras semanales (Lunes y Miércoles) de diferentes lugares al azar, que incluye las captaciones, la planta de tratamiento, reservas y red de distribución. Cada una de las muestras fue analizada por duplicado para todos análisis de los parámetros físico-químicos.

Para el control microbiológico, se clasificó a las muestras como agua cruda y agua tratada, debido a que el análisis es diferente para dichas muestras; para este caso en particular se realizó repetición de cada una de las muestras en diferentes fechas.

2.2 Tamaño de la muestra

Para realizar la determinación del número de muestras que fueron objeto de estudio, se utilizó la tabla 2.2 indicada para el muestreo, según la NORMA INEN 1108:2006, que se basa en el número de población servida.

A través de información proporcionada por la Junta de Agua Regional Cojitambo, el sistema abastece a 1.890 viviendas lo que representa una población aproximada de 9.450 personas.

El líquido vital llega a 23 comunidades cuyos usuarios del sistema están registrados en el anexo 2.



Tabla 2.2. Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida según norma INEN 1108:2006

Población servida	Número mínimo Muestras/mes	Población servida	Número mínimo Muestras/mes
25 a 1000	1	83001 a 90000	90
1001 a 2500	2	90001 a 96000	95
2501 a 3300	3	96001 a 111000	100
3301 a 4100	4	111001 a 130000	110
4101 a 4900	5	130001 a 160000	120
4901 a 5800	6	160001 a 190000	130
5801 a 6700	7	190001 a 220000	140
6701 a 7600	8	220001 a 250000	150
7601 a 8500	9	250001 a 290000	160
8501 a 9400	10	290001 a 320000	170
9401 a 10300	11	320001 a 360000	180
10301 a 11100	12	360001 a 410000	190
11101 a 12000	13	410001 a 450000	200
12001 a 12900	14	450001 a 500000	210
12901 a 13700	15	500001 a 530000	220
13701 a 14600	16	530001 a 600000	230
14601 a 15500	17	600001 a 660000	240
15501 a 16300	18	660001 a 720000	250
16301 a 17200	19	720001 a 780000	260
17201 a 18100	20	780001 a 840000	270
18101 a 18900	21	840001 a 910000	280
18901 a 19800	22	910001 a 970000	290
19801 a 20700	23	970001 a 1050000	300
20701 a 21500	24	1050001 a 1140000	310
21501 a 22300	25	1140001 a 1230000	320
22301 a 23200	26	1230001 a 1320000	330
23201 a 24000	27	1320001 a 1420000	340
24001 a 24900	28	1420001 a 1520000	350
24901 a 25000	29	1520001 a 1630000	360
25001 a 28000	30	1630001 a 1730000	370
28001 a 33000	35	1730001 a 1850000	380
33001 a 37000	40	1850001 a 1970000	390
37001 a 41000	45	1970001 a 2060000	400
41001 a 46000	50	2060001 a 2270000	410
46001 a 50000	55	2270001 a 2510000	420
50001 a 54000	60	2510001 a 2750000	430
54001 a 59000	65	2750001 a 3020000	440
59001 a 64000	70	3020001 a 3320000	450
64001 a 70000	75	3322001 a 3620000	460
70001 a 76000	80	3620001 a 3960000	470
76001 a 83000	85	3960001 a 4310000	480
		4310001 a 4690000	490
		Sobre 4690000	500

Fuente Interim Primary Drinking Water Standards- Environmental Protection Agency (EPA) 1975



Tomando en cuenta el número de la población servida, la norma INEN 1108:2006, establece como número de muestras mínimo 11/mes.

A continuación en la tabla 2.1-a se indica la procedencia y el número de muestras tomadas para el control físico-químico y en la tabla 2.1-b se indica la procedencia y el número de muestras para el control microbiológico.

Tabla 2.1-a. Muestras para control Físico Químico Número

Captación de Mamallipis	2
Captación de Galuay	2
Planta de Tratamiento	
Agua de ingreso	6
Agua filtrada	6
Agua de salida	6
Reserva 1	2
Reserva 2	2
Reserva 3	2
Reserva 4	2
Reserva 5	2
Reserva 6	2
Reserva 7	2
Red de distribución	64
Total de muestras:	100

Tabla 2.1-b. Muestras para Control Microbiológico Número

Agua No tratada	Captación de Mamallipis	2
	Captación de Galuay	2
	Planta de Tratamiento	
Agua Tratada	Agua de ingreso	6
	Agua filtrada	6
	Agua de salida	6
	Reserva 1	2
	Reserva 2	2
	Reserva 3	2
	Reserva 4	2
	Reserva 5	2
	Reserva 6	2
	Reserva 7	2
	Red de distribución	64
	TOTAL:	100



Los análisis se realizaron en el laboratorio de Bromatología y Microbiología de Alimentos de la Universidad de Cuenca, gentilmente facilitados por la Decana de la facultad de Ciencias Químicas.

2.3 Situación actual del agua potable en la Parroquia Cojitambo del Cantón Azogues.

2.3.1 CRONOLOGÍA.

La parroquia Cojitambo, se encuentra ubicada al Oeste de la Capital provincial Azogues, a una distancia aproximada de unos 10 Km, y a una altitud de 2850 msnm.⁶

Debido a su ubicación geográfica la carencia de agua ha sido uno de los principales problemas que han tenido que afrontar los moradores de la parroquia Cojitambo, de ahí que el año de 1862 durante el gobierno del Dr. García Moreno, se construyó un canal de riego, el mismo que abasteció de agua a la parroquia únicamente hasta el año de 1902 pues colapsó; la necesidad por el líquido vital llevó a que en el año 1948 se quiera restablecer dicho canal.⁷

El líquido que se transportaba en el antes mencionado canal, era proveniente de las vertientes que nacen en los cerros de Mamallipi y Guaguallipi, pertenecientes a la parroquia Chorocote del Cantón Cañar, cuyo recorrido es de aproximadamente unos 70 Km y como dato de interés dichas vertientes, son los principales afluentes del río Machángara, (corriente fluvial que sirve para la generación de energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica Cuenca).

Pero fue apenas en el año 1980 que el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos, INERHI, concede el derecho de uso y aprovechamiento de las aguas de la vertiente denominada Galuay que se encuentra a una altura

⁶ CARDENAS, Jorge. *Memoria Técnica, Sistema de agua potable regional Cojitambo*; Cojitambo 2004.

⁷ LEÓN, Efraín, *Cojitambo más allá del mito y la leyenda*, Casa de la Cultura Ecuatoriana Núcleo del Cañar, Azogues.

de 3660 msnm, perteneciente a la Parroquia de Nazón del Cantón Biblián.

⁸ (Fotografía 2.3.1-a)

Fotografía 2.3.1-a Captación de Galuay.



Propiedad de los autores

En el año 2003, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, CNRH, hace concesión del agua proveniente de la vertiente de Yanahurcos, Parroquia Nazón del Cantón Biblián; más conocida como captación de Mamallipis que se encuentra a una altura de 3735 msnm.⁹ (Fotografía 2.3.1-b)

En la actualidad estas dos últimas captaciones denominadas; Captación de Galuay y Captación de Mamallipis, son las que abastecen de agua a la parroquia Cojitambo.

⁸ INERHI AGENCIA CUENCA, Sentencia sobre el uso y aprovechamiento de las vertientes de agua que nacen en los páramos de Supayhuayco y Galuay, Cuenca 1980.

⁹ CNRH, Sentencia sobre el uso y aprovechamiento de las vertientes de agua que nacen en los páramos de Yanahurcos, Cuenca 2003.

Fotografía 2.3.1-b Captación de Mamallipis.



Propiedad de los Autores

2.3.2 PROCESO DE TRATAMIENTO

El proceso que sigue el líquido es el siguiente:

- Transporte del líquido hacia la Planta de Tratamiento.
- Filtración, a través de filtros lentos.
- Cloración.
- Distribución.

2.3.2.1 Transporte del líquido hacia la planta de tratamiento.

Una vez que el líquido llega a los cajones de entrada ubicados en las captaciones, estos van a ser trasportados a través de tubería de PVC con diámetros variables de 160mm a 90 mm y con una distancia de aproximadamente 36 Km. Fotografía 2.3.2.1 Tubería empleada en el transporte.

Fotografía 2.3.2.1 Tubería empleada para la conducción



Propiedad de los Autores

El caudal promedio de ingreso a la Planta de Tratamiento es de 16 Litros/ Segundo, de este caudal el 25% (4 Litros/ Segundo) corresponde al agua proveniente de la Captación de Mamallipis, y el 75% (12 Litros/ Segundo), corresponden al agua proveniente de la Captación de Galuay.

2.3.2.2 Filtración, a través de filtros lentos

Una vez que el agua llega a la planta de tratamiento y debido a la gran calidad del agua cruda que ingresa, hace que no sea necesaria una etapa previa de tratamiento, por lo que se lleva dicha agua directamente al proceso de filtrado.

Básicamente, un filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante del agua que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control.¹⁰

La planta de tratamiento del Sistema de Agua Regional Cojitambo, posee seis unidades de filtración, el diámetro interno de cada unidad de

¹⁰ROJAS, Rodrigo.; GUEVARA, S. *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena*. Revista de la OPS/CEPIS, UNATSABAR. Lima, 2000.

filtración es de 8 metros; de las seis unidades de filtración funcionan cuatro, de esta manera las dos unidades restantes entran en un proceso de limpieza. (Fotografía 2.3.2.2 Filtros lento del Sistema de Agua Regional Cojitambo).

Fotografía 2.3.2.2 Filtros lento del Sistema de Agua Regional Cojitambo.



Propiedad de los autores

En el funcionamiento de las unidades de filtración, intervienen diferentes mecanismos físicos, al igual que un mecanismo biológico de desinfección que se detallan a continuación:

Mecanismos de transporte

Esta etapa de remoción básicamente hidráulica, se ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre la colisión entre las partículas y los granos de arena. Estos mecanismos son:

- *Cernido:* En este mecanismo, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapadas y retenidas en la superficie del medio filtrante.
- *Intercepción:* Mediante este mecanismo las partículas pueden colisionar con los granos de arena.
- *Sedimentación:* Este mecanismo permite que las partículas sean atraídas por la fuerza de gravedad hacia los granos de arena, lo que



provoca su colisión. Este fenómeno se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.

- *Difusión:* Se produce cuando la trayectoria de la partícula es modificada por micro variaciones de energía térmica en el agua y los gases disueltos en ella, lo cual puede provocar su colisión con un grano de arena.
- *Flujo intersticial:* Este mecanismo se refiere a las colisiones entre partículas debido a la unión y bifurcación de líneas de flujo que son el producto de la difícil trayectoria a través del lecho filtrante. Este cambio continuo de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión.¹⁰

Mecanismo de adherencia.

Este mecanismo es el que permite remover las partículas que, mediante los mecanismos arriba descritos, han colisionado con los granos de arena del medio filtrante. La propiedad adherente de los granos de arena es proporcionada por la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas así como por la película biológica que crece sobre ellos, y en la que se produce la depredación de los microorganismos patógenos por organismos de mayor tamaño tales como los protozoarios.

Mecanismo biológico de la desinfección.

Como se indicó anteriormente, la remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero “sistema de desinfección” se forme una capa constituida por material de origen orgánico, conocida con el nombre de “piel de filtro”.

¹⁰ ROJAS, Rodrigo.; GUEVARA, S. *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena*. Revista de la OPS/CEPIS, UNATSABAR. Lima, 2000.



Sólo cuando se ha llegado a ese punto, la unidad filtrante podrá operar correctamente. Entonces se dice que el filtro “está maduro”.

La actividad bacteriológica descrita es más pronunciada en la parte superior del lecho filtrante y decrece gradualmente con la profundidad y la disponibilidad de alimento.

Cuando se limpian las capas superiores del filtro se remueven las bacterias, siendo necesario un nuevo período de maduración del filtro, con el objetivo que se desarrolle la actividad bacteriológica necesaria. A partir de 0,30 a 0,50m de profundidad, la actividad bacteriológica disminuye o se anula.

Como el rendimiento del filtro lento depende principalmente del proceso biológico, mientras la capa biológica está desarrollándose, la eficiencia es baja y no debe considerarse a la unidad de filtración como un eliminador de materia orgánica, sino como un mejorador de la calidad del agua, sobretodo de la turbiedad.

La maduración de una unidad de filtración puede demorar de dos a cuatro semanas.¹⁰

Después de un período de operación de varias semanas, la resistencia del lecho filtrante se ha tornado muy alta, por ello se debe proceder a la limpieza del filtro.

Para la limpieza del filtro, se cierran las válvulas de entrada y se deja que el nivel de agua quede a una altura de 2cm de la arena, posteriormente se cierra la válvula de salida y con ayuda de un rastrillo de jardinero se raspa la capa superior de la arena, esta operación se llama “raspado del filtro”, finalmente se abren las válvulas de entrada y salida y se continúa con el proceso de filtrado, si al cabo de 30 minutos no se consigue un aclaramiento del agua, se recomienda la remoción de 2,5cm de arena, este proceso se llama “descabezado” de la superficie,

¹⁰ ROJAS, Rodrigo.; GUEVARA, S. *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena*. Revista de la OPS/CEPIS, UNATSABAR. Lima, 2000.

Para su lavado y posterior utilización.¹ El rearenamiento del filtro debe realizarse, después de tres o cuatro años de uso y/o luego de unos 30 descabezados; pues en estas circunstancias el lecho filtrante ha perdido material, por lo que debe reponerse.

2.3.2.3 Cloración

La cloración de los abastecimientos públicos de agua representan el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada, el proceso será tan efectivo como lo sea el control que se ejerce para asegurar que todo el abastecimiento recibe cloro continuamente y en una cantidad proporcional al gasto, para producir una desinfección eficaz.¹¹

El proceso de cloración que se aplica en el Sistema de Agua Regional Cojitambo, es la cloración mediante la adición de una solución de Hipoclorito de Sodio, el mismo que es generado mediante un proceso de electrólisis de una solución acuosa de Cloruro de Sodio y dosificado mediante una bomba.

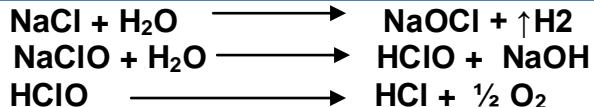
El proceso de electrólisis consiste en aplicar corriente eléctrica a una determinada sustancia iónica, lo que permite separar sus iones.

La electrólisis se produce en una celda donde se distinguen dos compartimentos o electrodos: el polo positivo (o ánodo) y el polo negativo (o cátodo), de forma que al aplicar la corriente, los iones positivos se sienten atraídos hacia el polo de signo contrario (es decir, hacia el cátodo) y los iones negativos se sienten atraídos hacia el ánodo.¹² *Gráfico 2.3.2.3-a Electrólisis del NaCl.*

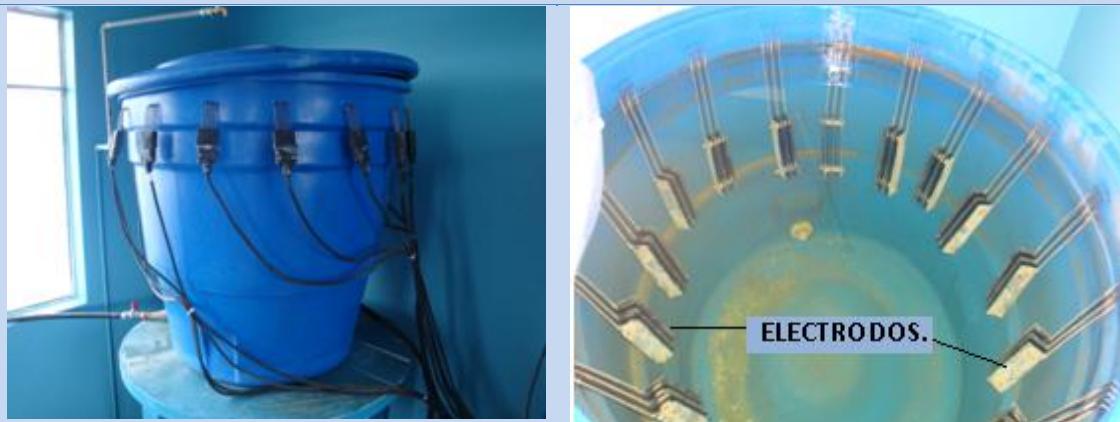
¹ CARDENAS, Jorge, Sistema de agua Potable Regional Cojitambo, Manual de operación y mantenimiento, Cojitambo 2004.

¹¹ HERMAN E. HILLEBOE, M. D., Manual de tratamiento de aguas. Departamento de sanidad del estado de Nueva York, Editorial LIMUSA WILEY, S.A. México, D. F. 1964.

¹² GUTIERREZ, Mario, TERCERO, Sergio; La cloración del agua de los servicios de agua potable, control y modalidades. Revista de la OPS. Nicaragua, 2000.

**Gráfico 2.3.2.3 Electrólisis del NaCl**

Para el proceso de electrólisis, se prepara una solución de NaCl, partiendo de 16Kg, que se disuelven en 450 litros de agua, la fotografía 2.3.2.3-a, ilustra el tanque empleado para la electrólisis.

Fotografía 2.3.2.3-a Tanque empleado para la electrólisis del NaCl

Propiedad de los autores

Una vez que la electrólisis ha producido el NaOCl, dicho producto generado, es transportado hasta un tanque dosificador y de ahí se inyecta al agua filtrada, la fotografía 2.3.2.3-b, ilustra el equipo dosificador.

Fotografía 2.3.2.3-b Equipo dosificador de NaOCl.

El caudal promedio de líquido que se clora es de aproximadamente 16 litros/segundo; al final del proceso de cloración, el agua presenta una concentración de cloro residual de 1,2ppm.

2.3.2.4 Distribución

El agua ya potable que sale de la planta de tratamiento, está lista para la distribución en distintas comunidades; para dicho efecto es transportada a través de un sistema de tuberías de PVC, con diámetros que varían entre 25 y 110 mm. El líquido es trasladado en primera instancia, a una serie de 7 reservas que están ubicadas en puntos estratégicos de la parroquia y es desde ahí que se distribuye el líquido a las 23 comunidades.

La primera reserva o tanque 1, se encuentra en la planta de tratamiento con una capacidad de 100m³ y abastece a las comunidades de: San Nicolás, Angaloma, Cochahuaico, Pizhumaza, La Villa y San José Alto.¹

La segunda reserva o tanque 2, se encuentra ubicada al Noroeste del Centro Parroquial, con una capacidad de 100m³ y abastece a las

¹ CARDENAS, Jorge, Sistema de agua Potable Regional Cojitambo, Manual de operación y Mantenimiento, Cojitambo 2004.

comunidades de: Cojitambo centro, San José Bajo, San Miguel, Shunzhi, Mururco Cojitambo, y una parte de Pillcomarca.¹ (Fotografía 2.3.2.4-a Reservas 1 y 2)

Fotografía 2.3.2.4-a Reserva 1 y Reserva 2**RESERVA # 1****RESERVA # 2****Propiedad de los Autores**

La tercera reserva o tanque 3, se ubica en la parte alta de Mururco, su volumen de almacenamiento es de 50m³ y abastece a las comunidades de: Mururco Azogues, Guablincay y Llimpi.¹

La cuarta reserva o tanque 4, se ubica al Este del Centro parroquial y almacena 75m³ y abastece a las comunidades de: Chacaloma, Toray, San Jacinto, Chapte, Pillcomarca, Uzno, Corralón y Quililic.¹ (Fotografía 2.3.2.4-b Reservas 3 y 4)

Fotografía 2.3.2.4-b Reserva 3 y Reserva 4**RESERVA # 3****RESERVA # 4****Propiedad de los autores**

¹ CARDENAS, Jorge, Sistema de agua Potable Regional Cojitambo, Manual de operación y Mantenimiento, Cojitambo 2004.

La quinta reserva o tanque 5, se encuentra ubicado a unos 3Km al sur del Centro parroquial, con un volumen de almacenamiento de 20m³, la misma abastece a la comunidad de La Dolorosa.¹

La sexta reserva ubicada en la comunidad de Guablincay, con una capacidad de 50m³, abastece de líquido vital a las comunidades de: Guablincay, Mururco Azogues y Llimpi. ¹ (Fotografía 2.3.2.4-c Reservas 5 y 6)

Fotografía 2.3.2.4-c Reserva 5 y Reserva 6**RESERVA # 5****RESERVA # 6**

Propiedad de los Autores

La séptima y última reserva o tanque 7, ubicada en la comunidad de La Dolorosa, con un volumen de almacenamiento de 20m³, abastece conjuntamente con la reserva 5 a la Comunidad de La Dolorosa. (Fotografía 2.3.2.4-d Reserva 7)

Fotografía 2.3.2.4-d Reserva 7**RESERVA # 7**

Propiedad de los Autores



2.3.3 ESPECIFICACIONES PARA LA TOMA DE MUESTRA

La toma de muestra es una parte fundamental en todo tipo de análisis, pues su correcta recolección permitirá obtener resultados veraces sobre ciertos constituyentes y valores físicos; de ahí la importancia que la muestra de agua sea homogénea y representativa, y por sobre todo que durante la extracción no se modifiquen las propiedades de la misma.

Para el análisis físico químico se requieren 2 litros de agua y puede ser recolectada en envases de plástico o de vidrio (borosilicato), que estén estrictamente limpios.

Para tomar la muestra de un sistema de distribución; el grifo debe ser limpiado, para ello se deja correr 4 ó 5 minutos el agua (ya que el volumen próximo a la punta de la canilla sufre corrosión) y luego se toma la muestra.

Para tomar muestras de un depósito de agua o corriente (arroyo), se debe sostener el envase por el fondo, a una profundidad de por lo menos 20 cm, con la boca hacia arriba, y ligeramente inclinado, apuntando hacia la corriente.

2.4 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL AGUA.

2.4.1 TURBIEDAD

La turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras, es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión.

La turbidez en una muestra de agua puede ser ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión que varían en tamaño, desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otras arcillas, limo,

materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos.

Cuando la luz incide en una suspensión de partículas en solución acuosa, éstas pueden remitirla en varias direcciones, con la misma longitud de onda de la luz incidente.

El tipo de emisión depende del tamaño de las partículas y de su forma, así como de la longitud de onda de la luz incidente.¹³

2.4.1.1 Determinación de la turbiedad según la norma INEN 0971:1984. Método nefelométrico.

Fundamento del método.

Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra y la de una suspensión patrón de referencia bajo las mismas condiciones; por tanto, la relación entre la turbiedad y la luz dispersada es directa. Fotografía 2.4.1.1 Turbidímetro empleado en las determinaciones.

Fotografía 2.4.1.1 Turbidímetro.



Marca HACH modelo 2100A

Propiedad de los Autores

Procedimiento

- Encender el Equipo.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.



- Colocar el equipo en la escala adecuada.
- Calibrar el equipo con un patrón de turbiedad conocida.
- Leer las muestras.

2.4.2 COLOR.

Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y magnesio coloidal o en solución, además el contacto del agua con desechos orgánicos: hojas, madera, raíces, etc., en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales, dan cierto color al agua.

El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente; debido a esto, su remoción puede lograrse con la ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al^{3+} o el Fe^{3+} .

Se reconocen dos tipos de color en el agua: el color verdadero, es decir el color de la muestra una vez que se ha removido la turbidez, y el color aparente, que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también el color debido a material suspendido.

La unidad de color, es el color producido por un mg/L de platino, en la forma de ion cloroplatinato.

La determinación del color se hace por comparación visual de la muestra con soluciones de concentración de color conocida o con discos de vidrio de colores adecuadamente calibrados¹³ .

2.4.2.1 Determinación del color según norma INEN 0970:1984

Fundamento del método.

Se basa en la comparación visual del color con patrones de platino cobalto de color conocido. Fotografía 2.4.2.1 equipo empleado en la determinación del color.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.

Procedimiento.

- Colocar la muestra en la celda del equipo de comparación de color.
- Realizar la comparación visual del color.

Fotografía 2.4.2.1 Comparador de color.

Marca Orbeco-Hellige
Propiedad de los Autores

2.4.3 TEMPERATURA.

La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad.

El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y efectuar la lectura después de un lapso suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es tóxico, se debe prevenir cualquier ruptura del termómetro.

2.4.4 SÓLIDOS.



Los sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en el agua; éstos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de diferentes maneras.

Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

Sólidos totales. Se define como sólidos, la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

Sólidos disueltos o residuo filtrable. Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos.

Si la determinación es directa y el residuo de la evaporación se seca a 103-105°C, el incremento de peso sobre el de la cápsula vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrable.

Los procedimientos empleados en la determinación del contenido de sólidos son métodos gravimétricos y como tales requieren la determinación del peso de los crisoles (platino o porcelana) o de las cápsulas con residuos o sin ellos.¹³

En el agua potable la determinación de mayor importancia es la de los **sólidos totales disueltos (STD)** que se determina con los métodos antes mencionados o por la relación que existe entre los STD y la conductividad, mediante la expresión empírica.¹⁴

$$STD = \text{Conductividad} \times 0,65$$

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108:2006 recomienda que para aguas de suministro público el contenido de STD deba ser inferior a 1000mg/L.¹⁵

2.4.5 CONDUCTIVIDAD.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Edición 17.1992.

¹⁴ GUEVARA, Antonio, "Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua", Revista de la OPS, CEPIS. Lima 1996.

¹⁵ NORMA INEN 1108:2006, Requisitos agua potable.



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, concentraciones relativas, así como de la temperatura a la cual se realice la determinación.

La forma más usual de medir la conductividad en aguas es mediante instrumentos de lectura directa en $\mu\text{mho}/\text{cm}$ a 25°C . A continuación en la tabla 2.4.5 se muestra los factores de conversión para diferentes temperaturas.

Tabla 2.4.5 Factores para conversión de valores de Conductividad a 25°C

TEMPERATURA $^\circ\text{C}$	FACTOR
15	1.25
16	1.22
17	1.19
18	1.16
19	1.14
20	1.11
21	1.09
22	1.06
23	1.04
24	1.02
25	1.00
26	0.98
27	0.96
28	0.94
29	0.93
30	0.91
31	0.89
32	0.87
33	0.86
34	0.84
RICHARDS, Capítulo 6. Cuadro 15	

La conductividad leída es igual a la conductividad eléctrica de la muestra medida entre dos caras opuestas de un cubo de 1cm, como se demuestra a continuación. Fotografía 2.4.5 Conductímetro.

Fotografía 2.4.5 Conductímetro.



Marca Kent

Propiedad de los autores

La resistencia específica de un conductor es función de sus dimensiones y puede expresarse como.¹³

$$C = \frac{RA}{L}$$

Donde:

- C = resistencia específica, en ohmio x cm.
- R = resistencia, ohmio.
- A = área de la sección transversal del conductor, cm².
- L = longitud de conductor, cm.

La **conductancia específica o conductividad** de un conductor es igual al inverso de su resistencia específica, o sea:

$$K = \frac{1}{C} = \frac{L}{RA}$$

Donde:

K = conductancia específica, mho/cm.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Edición 17.1992.

En otras palabras, es la conductancia de un conductor de 1cm de longitud y una sección transversal de 1cm², por tanto, numéricamente es igual a la conductividad y se expresa en micromhos por centímetro ($\mu\text{mho}/\text{cm}$).

Como en el agua potable la conductividad presenta valores muy bajos, se expresa en $\mu\text{mho}/\text{cm}$ o en el sistema internacional $\mu\text{siemens}/\text{cm}$.¹³

1mho = 1 siemens.

2.4.6 pH.

El pH de la mayor parte de aguas naturales, se encuentra en un rango de 4 a 9. La mayoría de aguas son ligeramente básicas por la presencia carbonatos y bicarbonatos, la corrección del pH en los sistemas de tratamiento y distribución es importante para evitar la corrosión de los sistemas.

2.4.6.1 Determinación de pH según norma INEN 0973:1984

Fundamento del método.

Es una determinación electrométrica del pH en una muestra de agua, utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por la variación del pH.

Fotografía 2.4.6.1 Potenciómetro





- Lavar el electrodo con agua destilada, y calibrar el equipo con una solución de referencia de pH conocido.
- Realizar las determinaciones.

2.4.7 DUREZA.

Desde el punto de vista químico, el término dureza se aplica a la propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiesta por su reacción con el jabón para formar precipitados. La dureza de las aguas naturales se debe principalmente a los aniones Ca^{+2} y Mg^{+2} , aunque otros cationes polivalentes también pueden estar presentes en cantidades insignificantes.¹⁶ .

La dureza se expresa en mg/L de CaCO_3 y la clasificación del agua en términos está indicada en la tabla 2.4.7-a.

Tabla 2.4.7-a Clasificación de las aguas por su dureza	
0- 75mg/L de CaCO_3	Agua Suave
75- 150 mg/L de CaCO_3	Agua poco Dura
150- 300 mg/L de CaCO_3	Agua Dura
>300mg/L de CaCO_3	Agua muy dura
SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.	

Los iones Al^{+3} y Fe^{+3} a veces se consideran como dureza, pero su solubilidad es tan limitada a los valores de pH naturales que sus concentraciones son despreciables.

La dureza se puede clasificar en dos formas: según el ión metálico y según los aniones asociados a los iones metálicos. Los cationes y sus más importantes aniones asociados se muestran en la tabla 2.4.7-b en orden de abundancia en aguas naturales.

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987



Tabla 2.4.7-b Cationes y aniones de dureza en orden de abundancia.	
CATIONES	ANIONES
Ca⁺²	HCO₃⁻¹
Mg⁺²	SO₄⁻²
Sr⁺²	Cl⁻¹
Fe⁺²	NO₃⁻¹
Mn⁺²	SiO₃⁻¹
SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.	

En términos generales, podemos clasificar a la dureza en dos formas:

a) *Según el ión metálico:* Puede ser dureza de calcio o dureza de magnesio, en conjunto se les conoce como dureza total.

$$\text{Dureza total} = \text{Dureza magnésica} + \text{Dureza cárquica}$$

b) *Según los aniones asociados a los iones metálicos:* La dureza puede ser carbonatada o no carbonatada.

Dureza Carbonatada: en aguas naturales los bicarbonatos son la principal forma de alcalinidad; por tanto, parte de la dureza total químicamente equivalente a los bicarbonatos presentes en el agua, es considerada como la dureza carbonatada, es decir:

$$\text{Alcalinidad (mg/ml)} = \text{Dureza Carbonatada (mg/ml)}$$

Pueden presentarse dos casos:

- Cuando la alcalinidad es menor que la dureza total; entonces:

$$\text{Dureza Carbonatada (mg/ml)} = \text{Alcalinidad mg/ml}$$

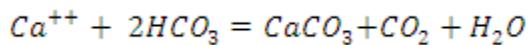
- Cuando la alcalinidad es igual o mayor a la dureza total entonces:

$$\text{Dureza Carbonatada (mg/ml)} = \text{Dureza Total (mg/ml)}$$

La dureza carbonatada se conoce también se conoce como “Temporal” o “No permanente”, porque desaparece cuando se hierve el agua, es decir que puede precipitarse mediante ebullición prolongada. Este se produce



porque los bicarbonatos sirven como fuentes de iones Carbonato para precipitar Ca^{++} como CaCO_3 a temperaturas elevadas.



Dureza no Carbonatada: es toda dureza que no esté relacionada con carbonatos, es decir:

$$\text{Dureza No carbonatada} = \text{Dureza Total} - \text{Alcalinidad}$$

La dureza no carbonatada incluye principalmente sulfatos, cloruros y nitritos de calcio y magnesio.

2.4.7.1 Determinación de la Dureza total por titulación con EDTA, según norma INEN 0974:1984.

Fundamento del método.

El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), forma un complejo de quelato al añadirse en una solución acuosa que contenga iones calcio y magnesio a un pH de $10 \pm 0,1$. Al añadir una pequeña cantidad de colorante, como negro de eriocromo T (NET), la solución toma un color rojo vino.

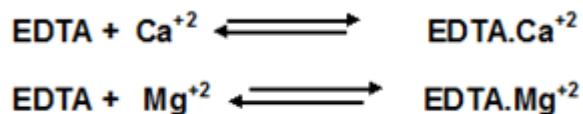
Si se añade EDTA como reactivo titulador, los iones calcio y magnesio formarán un complejo y cuando todos los iones calcio y magnesio estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiará de rojo vino al azul, indicándonos el punto final de la reacción.¹⁶

El indicador NET, existe como anión divalente de color azul a pH 10 (NET⁻²).

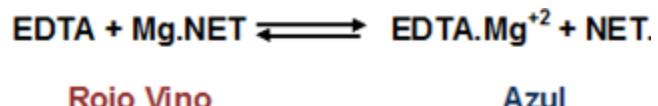
¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.



Al adicionar EDTA a la solución, ésta se combina primero con el Ca^{+2} y luego con el Mg^{+2} , formando los complejos siguientes:



Luego el exceso de EDTA, destruye el complejo $Mg.NET$, para formar el complejo $EDTA.Mg^{+2}$ que es más estable, fenómeno que produce la liberación del colorante que adquiere su color normal azul.



El pH no puede incrementarse indefinidamente ($\text{pH } 10 \pm 0,1$), ya que se corre el peligro de la precipitación del CaCO_3 o del $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y además el indicador se ve afectado a pH altos, en donde cambia de color. ¹⁶

Fotografía 2.4.7.1 Viraje del Indicador NET



Propiedad de los Autores

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.



Reactivos.

- **Solución Tampón:** Disolver 16,9g de NH₄Cl, con 143ml de NH₄OH concentrado, llevarlo a 250ml con agua destilada.
- **Eriocromo negro T:** Ácido 1 – (1 hidróxido – 2 naftilazo) – 5 nitro- 2 naftol 4 sulfónico. Mezclar en un mortero 0,5g de Eriocromo negro T con 100g de NaCl.
- **Solución 0,02 N de EDTA:** Pesar 3,723g de EDTA como sal disódica, llevar a 1000ml con agua destilada, estandarizado frente a una solución de Calcio estándar.
- **Solución de Calcio estándar:** Pesar 1,000g de CaCO₃ anhidro, disolverlo con HCl (1+1), añadir 200ml de agua destilada y hervir unos pocos minutos, para eliminar el CO₂, transferir a un balón volumétrico de un litro y aforar. Esta solución patrón contiene 1,00 mg CaCO₃ / 1,00 ml.¹³

Procedimiento.

- Colocar 50ml de la muestra, en un matraz Erlenmeyer y añadir 1ml de la solución tampón; agitar suavemente.
- Adicionar aproximadamente 0,05g de indicador Eriocromo negro T.
- Titular con la solución valorada de EDTA 0,02N hasta que la coloración pase al azul.
- Efectuar la titulación por duplicado.

Cálculos.

$$\text{Dureza total (mg/L CaCO}_3) = \frac{(V - B)N \times 50.000}{M}$$

Donde:

- V: Volumen de EDTA consumida en la muestra.

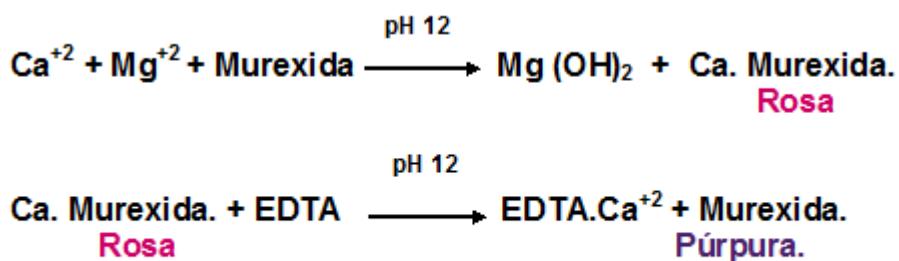
¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.

- **B:** Volumen de EDTA consumida en el blanco.
- **N:** Normalidad de EDTA 0,02N.
- **M:** Volumen de muestra empleado en la determinación.¹⁷

2.4.7.2 Determinación de la Dureza cárlica y Dureza magnésica por titulación con EDTA según INEN 1107.

Fundamento del método.

Cuando se añade EDTA o sus sales al agua que contiene Calcio y Magnesio, este se combina primero con el Calcio. Dicho catión se determina de manera directa con el EDTA a un pH lo suficientemente alto, para que de esta manera el Magnesio precipite en forma de Hidróxido, para hacer la reacción perceptible se utiliza un indicador adecuado como la *murexida*, el cambio de color se hace visible cuando todo el Calcio pasa a formar un complejo con el EDTA a un pH de 12.¹⁶



¹⁷ NORMA INEN 974, Determinación de la Dureza total, método de titulación con EDTA.

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.

Fotografía 2.4.7.2 Viraje del Indicador murexida.

Propiedad de los Autores

Reactivos.

- **Solución Tampón:** Hidróxido de sodio 1N.
- **Murexida:** Sal común del ácido purpúrico, este indicador en el punto final de la reacción cambia de color del rosa al púrpura. Mezclar en un mortero 200mg de Murexida con 100g de NaCl.
- **Solución 0,02 N de EDTA** (Ver sección 2.4.7.1)

Procedimiento.

- Colocar 50ml de la muestra, en un matraz Erlenmeyer y añadir 2ml de la solución tampón o la cantidad necesaria hasta obtener un pH de 12; agitar suavemente.
- Adicionar aproximadamente 0,05g de indicador Murexida.
- Titular con la solución valorada de EDTA 0,02N hasta que se perciba un cambio de color de rosado a púrpura.
- Efectuar la titulación por duplicado.

Cálculos.

$$\text{Dureza cárquica (mg/L CaCO}_3) = \frac{(V - B)N \times 50.000}{M}$$

Donde:

- V: Volumen de EDTA consumida en la muestra.

- **B:** Volumen de EDTA consumida en el blanco.
- **N:** Normalidad de EDTA 0,02N.
- **M:** Volumen de muestra empleado en la determinación.

El valor de la dureza magnésica se obtiene de la diferencia entre la dureza total y la dureza cárlica como se indica a continuación.

$$\text{Dureza magnésica (mg/L CaCO}_3\text{)} = \text{Dureza total} - \text{Dureza cárlica}$$

2.4.8 Alcalinidad.

Se define a la alcalinidad como la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Esta representa la suma de las bases que pueden ser tituladas en una muestra de agua. Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas.

Estos iones negativos en solución están comúnmente asociados con iones positivos de Calcio, Magnesio, Potasio, Sodio y otros cationes.

Los bicarbonatos representan la principal forma de alcalinidad, éstos se forman por la acción del CO₂ sobre los materiales básicos del suelo. Otras sales de ácidos débiles tales como: boratos, silicatos y fosfatos, también pueden contribuir en pequeñas cantidades.

La alcalinidad varía con el lugar de procedencia del agua, encontrándose desde unos cuantos mg/l, hasta varios cientos, en la tabla 2.4.8 se muestra diferentes rangos de alcalinidad.

Tabla 2.4.8 Rango de Alcalinidad para aguas.	
RANGO	ALCALINIDAD mg/L de CaCO₃
BAJA	<75
MEDIA	75-150
ALTA	>150
SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.	



Las especies iónicas de bióxido de carbono son alteradas significativamente por cambios en pH. A un pH < 6, CO_2 es la especie dominante. A valores de pH entre 7 y 9, HCO_3^- predomina, mientras que CO_3^{2-} comienza a aumentar su concentración significativamente a valores de pH > 9.

La alcalinidad en el agua es de poca importancia sanitaria. Sólo aguas altamente alcalinas son rechazadas para el abastecimiento público.¹⁶

2.4.8.1 Determinación de la alcalinidad, método de Indicadores según Estándar Métodos. 1992.

Fundamento del método.

Los iones hidroxilo presentes en una muestra de agua, como resultado de la disociación o hidrólisis de los solutos reaccionan con las adiciones de ácido estándar. Por tanto, la alcalinidad depende del pH del punto final utilizado.

La titulación se hace en dos fases: *alcalinidad de fenolftaleína* (titulamos la muestra hasta un pH de 8.3) y *alcalinidad total* (titulamos la muestra hasta un pH de 4.5 utilizando naranja de metilo).

Según añadimos ácido, se produce una caída gradual en el pH hasta llegar a 8.5. A partir de ese punto se observa una caída rápida en el pH con una inflexión pobemente definida alrededor del punto de equivalencia de **8.3**. En este punto la mayor parte del CO_3^{2-} se ha convertido a HCO_3^- y el color de la fenolftaleína cambia de rosado a incoloro.

Con la adición de más ácido, se produce una disminución gradual del pH, hasta que llegamos a otro punto de inflexión alrededor del pH **4.5**. Este punto corresponde a la conversión de la mayor parte del HCO_3^- a H_2CO_3 y CO_2 . Aquí

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.

el color del indicador anaranjado de metilo cambia de amarillo a rosa salmón.
(Gráfico 2.4.8.1 Puntos de inflexión en la determinación de la alcalinidad)

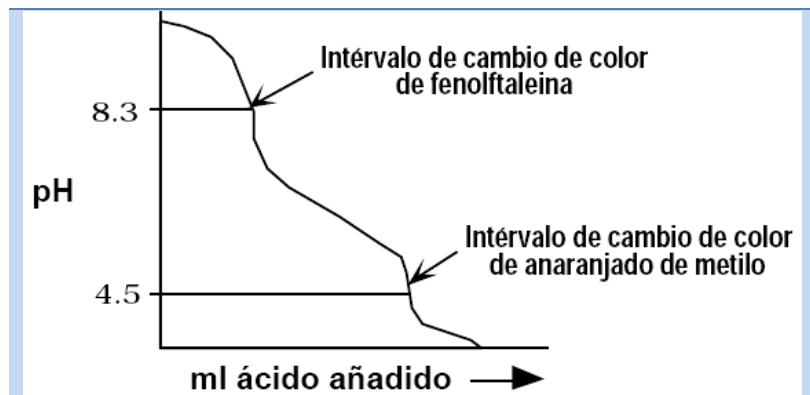


Gráfico 2.4.8.1 Puntos de inflexión en la determinación de alcalinidad.

SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales,
Universidad de Antioquia, Medellín 1987.

Los resultados obtenidos de las determinaciones de alcalinidad de fenolftaleína y alcalinidad total proveen un método para la clasificación estequiométrica de las tres principales formas de alcalinidad presentes en aguas superficiales (bicarbonato, carbonato e hidróxido).

- **La alcalinidad de carbonato (CO_3^{2-})** está presente cuando la alcalinidad de fenolftaleína no es cero, pero es menor que la alcalinidad total [$T > P \geq 0$].
- **La alcalinidad de hidróxidos (OH)** está presente si la alcalinidad de fenolftaleína es mayor que la mitad de la alcalinidad total [$P > 1/2 T$].
- **La alcalinidad de bicarbonato (HCO_3)** está presente si la alcalinidad de fenolftaleína es menor de la mitad de la alcalinidad total [$P < 1/2 T$].

Estas relaciones pueden ser calculadas utilizando el siguiente esquema:

Dado que: **$P = \text{alcalinidad de fenolftaleína}$**

$T = \text{alcalinidad total}$

- a. Seleccionar el valor más pequeño entre **(P)** y **(T - P)**. Entonces la **alcalinidad de carbonato (CO_3^{2-})** será igual a dos veces el valor más pequeño.
- b. Cuando el valor más pequeño es **P**, el balance **(T - 2P)** es **bicarbonato**.
- c. Cuando el valor más pequeño es **(T - P)**, el balance **(2P - T)** es **hidróxido**.

Todos los resultados se expresan como CaCO_3 (mg/L).¹⁶

La conversión matemática de los resultados se ilustra en la Tabla 2.4.8.1

Tabla 2.4.8.1 Relación entre formas de alcalinidad.

RESULTADOS DE LA TITULACIÓN	ALCALINIDAD DE HIDRÓXIDO (CaCO_3)	ALCALINIDAD DE CARBONATO (CaCO_3)	CONCENTRACIÓN DE BICARBONATO (CaCO_3)
P= 0	0	0	T
P<1/2T	0	2P	T-2P
P=1/2T	0	2P	0
P>1/2T	2P-T	2 (T-P)	0
P=T	T	0	0

APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.
Edición 17.1992.

Fotografía 2.4.8.1 Viraje del Indicador naranja de metilo



Propiedad de los Autores

¹⁶ SIERRA Jorge, Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.



Reactivos

- **Solución de Carbonato Sódico:** Aproximadamente 0,05N. Séquese entre 3 a 5g de Na_2CO_3 , estándar primario a 250°C durante 4 horas y enfriar en desecador. Se pesan $2,5 \pm 0,2\text{g}$ y se transfiere a un matraz volumétrico de 1 litro y se afora con agua destilada.
- **Ácido clorhídrico 0,1N estándar:** Preparación diluir 8,3ml de ácido clorhídrico concentrado a 1 litro de agua destilada.
- **Ácido clorhídrico valorado 0,02N:** Diluir 200 cm^3 de solución a un litro con agua destilada, valorar frente a la solución de carbonato sódico.
- **Solución alcohólica de fenolftaleína:** Disolver 5g de fenolftaleína en 500ml de etanol al 95%, agregar 500ml de agua destilada.
- **Solución indicadora de naranja de metilo:** Disolver 0,5g de naranja de metilo en un litro de agua destilada.

Procedimiento.

Alcalinidad a la fenolftaleína.

- En un matraz Erlenmeyer colocar 50ml de muestra.
- Si la muestra contiene cloro residual, añadir 0,05ml de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N.
- Adicionar 0,1 ml de indicador fenolftaleína.
- Titular con ácido clorhídrico 0,02N, hasta que persista el cambio de rojizo violeta a incoloro, este cambio se da en el punto de equivalencia próximo a $\text{pH}= 8,3$.

Alcalinidad total con indicador naranja de metilo.

- Agregar 0,1ml de indicador naranja de metilo a la misma muestra que se tituló hasta viraje de la fenolftaleína.
- La titulación termina cuando se presenta el cambio de color, de amarillo a rosa salmón, este cambio se da en el punto de equivalencia próximo a $\text{pH}= 3,7$.
- Realizar las determinaciones por duplicado.

Cálculos.

$$\text{Alcalinidad} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 \right) = \frac{(V - B)N \times 50.000}{M}$$

Donde:

- **V:** Volumen de HCl consumido en la muestra.
- **B:** Volumen de HCl consumida en el blanco.
- **N:** Normalidad de HCl 0,02N.
- **M:** Volumen de muestra¹³

2.4.9 Cloruros.

Los cloruros, en forma de ion Cl^- , es uno de los aniones inorgánicos más encontrados en aguas naturales y aguas de desecho. En las aguas provenientes de fuentes superficiales de tierras elevadas y montañas, los valores de cloruros son muy bajos e incluso pueden estar ausentes, no así en el agua proveniente de ríos y de abastecimientos subterráneos que tienen una concentración mayor.

Algunos tipos de aguas que tienen concentraciones mayores a 250mg/l de cloruros, manifiestan un sabor salado, si el catión es el sodio. En cambio, ese gusto salado típico puede estar ausente en aguas con hasta 1.000mg/L cuando los cationes predominantes son el calcio y magnesio.

El contenido de cloruros recomendados para el agua de uso público debe ser inferior a 250mg/L. Ya que en estas concentraciones no causan daños a la salud.

Altas concentraciones de cloruros aceleran los procesos de corrosión en los sistemas de abastecimiento.

El análisis del contenido de cloruros en aguas de abastecimientos públicos, es un indicador de contaminación con aguas residuales ya que las excretas humanas se eliminan cantidades casi iguales de cloruros a las ingeridas en la

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.

dieta, ya que no sufre alteración alguna en su trayecto por el sistema digestivo.¹⁶

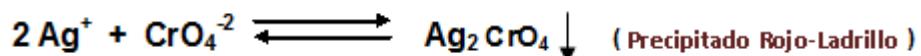
2.4.9.1 Determinación de cloruros, método argentométrico según INEN 0976:1984.

Fundamento del método.

En una solución neutra o ligeramente alcalina, se puede emplear Cromato de potasio para determinar el viraje en la titulación del cloruro con nitrato de plata. El cloruro de plata precipita cuantitativamente antes de que se forme Cromato de plata de color rojo ladrillo.



Cuando la concentración de ión cloruro tiende a agotarse, el exceso de iones plata empieza a combinarse con el ión cromato del indicador, hasta el punto en que es sobrepasado el valor de su producto de solubilidad, formándose así un precipitado rojo ladrillo.



La titulación se debe llevar a cabo a un pH de 7 a 8, debido a que los iones Ag^+ precipitarán como $\text{Ag}(\text{OH})$ si el pH es alto; por el contrario, si el pH es bajo, el ión CrO_4^{2-} (cromato), se convierte a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (dicromato).¹³

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.

Fotografía 2.4.9.1 Viraje del indicador de K_2CrO_4 **Propiedad de los Autores****Reactivos**

- **Solución indicadora de Cromato de Potasio:** Se disuelven 5g. de K_2CrO_4 en 100ml de agua destilada.
- **Solución valorada de Nitrato de Plata 0,0141N:** Disolver 2,395 de $AgNO_3$ en agua destilada y se diluye en un litro de agua destilada. Se valora contra solución de $NaCl$ 0,0141N. Almacenar en frasco color ámbar.
- **Solución valorada de Cloruro de Sodio 0,0141N:** Disolver 824,0mg de $NaCl$, calidad de patrón, previamente desecado a 140°C en un litro de agua destilada.

Procedimiento

- Colocar 50 a 100ml de muestra o una alícuota apropiada diluida a 100ml con agua exenta de cloruros en un erlenmeyer.
- Verificar que el pH de la muestra esté en el rango de 7 a 10, si no es así ajustarlo con la adición de H_2SO_4 o $NaOH$ 1N.
- Adicionar 1ml de Indicador de K_2CrO_4 al 5% agitar.
- Titular con la solución valorada de $AgNO_3$ 0,0141N, hasta la aparición de un tenue color rojo ladrillo.

- Determinar el valor del testigo; es usual que en este método, el testigo consuma 0,2 a 0,3 ml de AgNO₃ 0,0141N.
- Realizar la determinación por duplicado.

Cálculos

$$Cl^- \text{ mg/L} = \frac{(V - B)N \times 35.450}{M}$$

Donde:

- **V:** Volumen de AgNO₃ consumido en la muestra.
- **B:** Volumen de AgNO₃ consumida en el blanco.
- **N:** Normalidad de AgNO₃ 0,0141N.
- **M:** Volumen de muestra ¹⁸

2.4.10 Cloro residual.

La cloración del agua para el suministro y residual sirve principalmente para destruir o desactivar los microorganismos.

El cloro aplicado al agua en su forma molecular o de hipoclorito sufre una hidrólisis inicial para producir cloro libre consistente en cloro molecular acuoso, ácido hipocloroso y en ión hipoclorito.

La proporción relativa de estas formas de cloro libre depende del pH y la temperatura. Al pH de la mayoría de las aguas predominan el ácido hipocloroso y el ión hipoclorito.

Si una cierta cantidad de cloro reacciona inicialmente con el material orgánico y los metales presentes en el agua forman complejos químicos, que como tales no aportan a la desinfección de ésta. Este primer aspecto es lo que se conoce normalmente como “demanda de cloro del agua”. La cantidad de cloro remanente, después de que la demanda de cloro fue satisfecha, se contabiliza como “cloro total”.

¹⁸ NORMA INEN 976, Determinación de cloruros, método argentométrico.



A su vez, el cloro total se subdivide en:

- *Cloro combinado*: la cantidad de cloro que va a reaccionar con iones nitratos y que, por lo tanto, no representa propiamente una cantidad disponible para desinfección.
- *Cloro residual o cloro libre*: que representa la concentración de cloro disponible para inactivar microorganismos.

El cloro libre reacciona fácilmente con el amoníaco y ciertos compuestos de nitrógeno, formando cloro combinado. La reacción del amoníaco con el cloro produce cloraminas. La concentración de estas formas combinadas depende del pH, temperatura, demanda de cloro y tiempo de reacción. Tanto el cloro libre y combinado pueden estar presentes de forma simultánea.

La presencia de cloro residual en el agua potable es indicador de dos aspectos fundamentales:

- Que una suficiente cantidad de cloro fue añadida inicialmente al agua para inactivar las bacterias y algunos virus causantes de enfermedades diarreicas.
- Que el agua se encuentra protegida de posibles recontaminaciones microbiológicas durante su almacenamiento o distribución.¹⁹

2.4.10.1 Determinación de cloro residual, método de la orto-tolidina según Estándar Métodos 1992.

Fundamento del método.

La orto-tolidina en medio clorhídrico y en presencia de cloro libre se oxida, dando un compuesto de coloración amarilla. Como la intensidad de la coloración aumenta por concentraciones crecientes de cloro libre se puede

¹⁹ MONTESDEOCA Carol, Folleto Técnico INDUQUIM, "Determinación de cloro residual y cloro total", Medellín 2004.

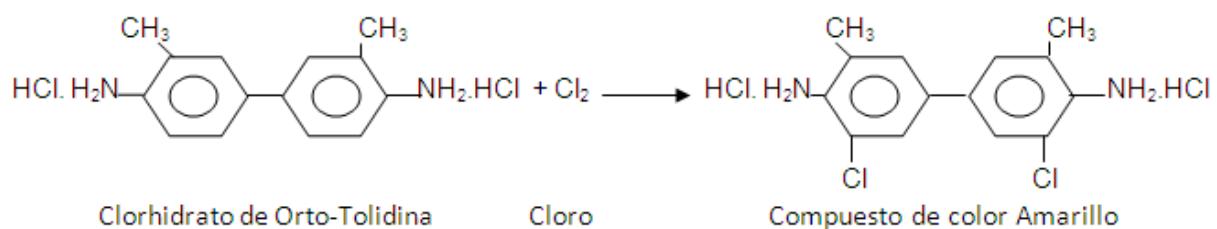
determinar por colorimetría, utilizando una serie de patrones de concentración conocida.

Para obtener el desarrollo correcto del color con el cloro y la orto-tolidina se deben satisfacer las siguientes condiciones:

- La solución de orto-tolidina se debe encontrar a un pH de 1,3 o menor durante el período de contacto.
- La relación de orto-tolidina y cloro residual en peso debe ser de 3:1.
- La concentración de cloro no debe exceder de 10mg/L.¹³

Reactivos

- **Reactivos de orto-tolidina:** Se disuelven 1,35g de clorhidrato de orto-tolidina en 500ml de agua destilada, se agrega a esta solución con agitación constante una mezcla de 350ml de agua destilada y 150ml de HCl concentrado. Almacenar a temperatura ambiente y en frasco ámbar. La reacción que se produce con la o-tolidina, forma un complejo de color amarillo, a continuación se muestra la fórmula:



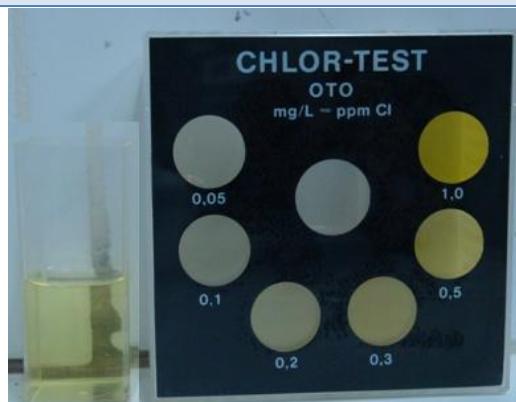
Procedimiento:

La determinación se debe realizar *in situ*, para evitar pérdidas de cloro.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales." Edición 17.1992.

- En la celda del comparador o en otro recipiente pequeño que garantice la mezcla inmediata y completa del reactivo con la muestra, se coloca la muestra.
- Añadir con ayuda de un gotero a la muestra 0,5 a 1ml de reactivo de orto-tolidina, observado el color.
- Comparar tan rápido sea posible.

Fotografía 2.4.10.1 Determinación de cloro residual método O-tolidina



**Marca HACH
Propiedad de los Autores**

2.4.11 NITRITOS.

Las diferentes formas de nitrógeno presentes en el agua, son interconvertibles bioquímicamente y forman parte del ciclo del nitrógeno.

El nitrógeno orgánico se define funcionalmente como nitrógeno ligado orgánicamente en el estado de oxidación tres negativo, el nitrógeno orgánico incluye productos como las proteínas, péptidos, urea.

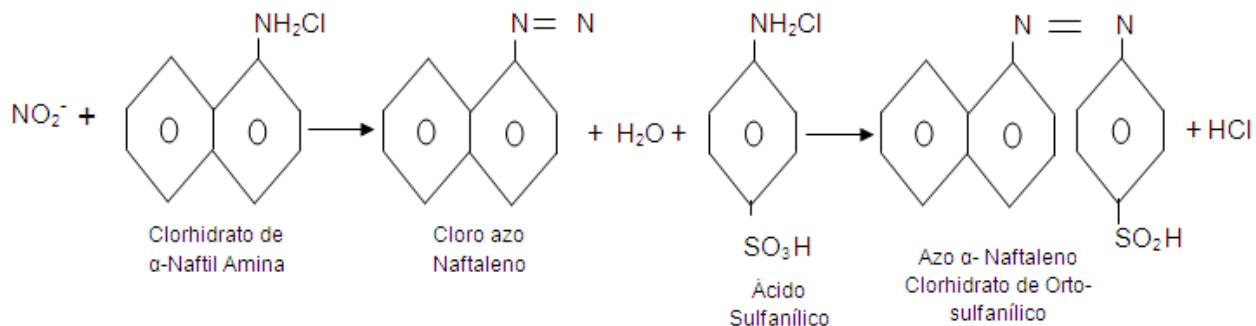
El nitrógeno oxidado total, es la suma del nitrito y nitrato. El nitrato se presenta generalmente como trazas en el agua superficial, los nitritos son un estado intermedio de la oxidación del nitrógeno, tanto en la oxidación del amoniaco a nitrato como en la reducción del nitrato. Esta oxidación y reducción puede ocurrir en los sistemas de distribución de agua.

El nitrito es el agente causal de la enfermedad conocida como metahemoglobinemia, además reacciona con aminas secundarias dando lugar las nitrosaminas agentes cancerígenos.¹³

2.4.11.1 Determinación de Nitrógeno de Nitritos, método de Diazotización según Estándar Métodos 1992.

Fundamento del método.

El nitrógeno (NO_2^-) es determinado por la formación de un colorante azoico, rojizo púrpura, producido a pH 2 a 2,5 por el acoplamiento del ácido sulfanílico diazotado con el clorhidrato de naftilamina.



El color desarrollado obedece a la ley de Beer.

Reactivos

- Reactivos de ácido sulfanílico:** Disolver 600g de ácido sulfanílico en 70ml de agua destilada caliente, se enfriá la solución, se agrega 20ml y se diluye a 100ml.
- Solución de clorhidrato de α-naftilamina:** Disolver 600mg de clorhidrato α-naftilamina en agua destilada exenta de nitritos, a la que se le ha añadido 1ml de HCl concentrado, aforar a 100ml con agua destilada. Guardar en frasco ámbar.

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.

- **Solución madre de nitritos 100mg/L:** Disolver 0,151g de NaNO₂ anhidro y con una pureza del 99%, en 1000ml agua destilada libre de nitritos. Conservar en refrigeración.
- **Solución madre de nitritos 1mg/L:** Tomar 10ml de la solución anterior y aforar a 1000ml con agua destilada.

Procedimiento

- Preparar una serie de patrones de Nitritos para poder construir una curva, diluyendo a 100ml de agua destilada los siguientes volúmenes de la solución madre de Nitritos de 1mg/L.: 0ml, 5ml, 10ml, 30ml, 50ml, correspondiendo a patrones de 0, 0,05, 0,1, 0,3, 0,5 mg/L de nitritos.
- Colocar de 50 a 100ml de muestra en un erlenmeyer, añadir 1ml de reactivo de ácido sulfanílico, dejar reposar 2 minutos.
- Añadir 1ml de solución de clorhidrato de α - naftilamina y dejar reposar por 15 minutos, para generar color.
- Llevar el espectrofotómetro a 100% de transmitancia con el blanco de nitritos, a 540nm y leer tanto los patrones como las muestras.

Fotografía. 2.4.11.1 patrones de nitritos



Propiedad de los Autores



2.5 Caracterización de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes

Terminología, Métodos y Ensayos.

2.5.1 Agua potable- terminología, según norma INEN 1108:2006

Agua Potable: Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para el consumo humano.

Agua cruda: Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.²⁰

2.5.2 Requisitos Microbiológicos para el agua potable según norma INEN 1108:2006

Tabla 2.5.2 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS		
REQUISITO	UNIDAD	LIMITE DESEABLE MÁXIMO
Coliformes totales	(1) NMP/100ml	<2,2*
Coliformes fecales	NMP/100ml	<2,2*

FUENTE: INEN 1108:2006. Agua Potable. Requisitos

*<2,2 significa que el ensayo del NMP utilizando una serie de 5 tubos por dilución, ninguno es positivo.

(1) En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinan suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95% de las muestras, tomadas durante cualquier periodo de 12 meses.

2.5.3 Bacterias Coliformes Totales

2.5.3.1 Morfología e identificación

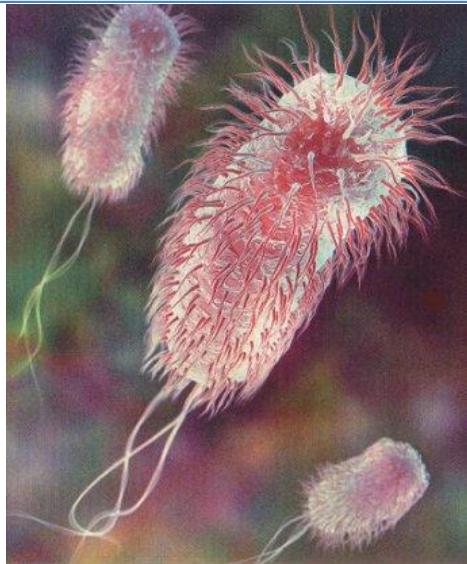
Los Coliformes totales se definen como bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos con propiedades similares de

²⁰ INEN 1108:2006. Agua Potable. Requisitos

inhibición del crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y son capaces de fermentar la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35°C – 37°C ± 0,5°C, en un período de 24 a 48 horas. Por definición, las bacterias Coliformes presentan actividad de la β - galactosidasa.

La prueba más relevante utilizada para la identificación del grupo Coliformes, es la hidrólisis de la lactosa.⁴

Fotografía 2.5.3.1 Morfología de *E. coli*



Autor: Drew Falkenstein

2.5.3.2 Características de Crecimiento

Los Coliformes constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal para la mayoría de las especies que involucra; es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal. Por ello la temperatura y las concentraciones de nutrientes del agua de los sistemas de distribución no son, por lo general, suficientemente altas para sustentar la proliferación de *E. coli* (ni de otras bacterias entéricas patógenas) con formación de biopelículas. Por

⁴ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. "Guías para la calidad de Agua potable: control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades" Editorial Washington. 1988.

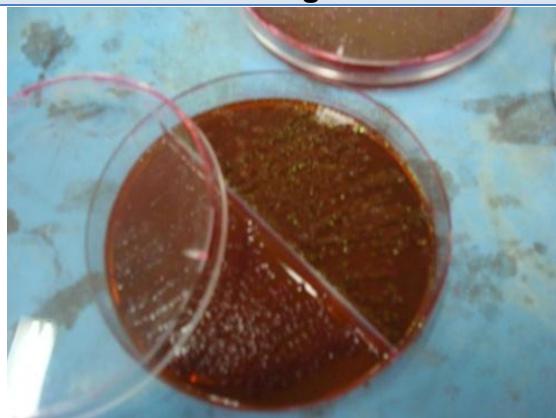
consiguiente, debe considerarse que la presencia de *E. coli* es indicadora de contaminación fecal reciente.

Para facilitar las pruebas de identificación en el laboratorio, cabe mencionar que crecen sobre peptona o medios con extracto de carne sin adición de cloruro de sodio ni otros complementos, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

Para su diferenciación bioquímica se requiere de patrones de fermentación de los carbohidratos y la actividad de los aminoácido-descarboxilasas y otras enzimas.

Las colonias que se desarrollan en agar Bacto EMB (agar con eosina y azul de metileno) dan una marcada diferenciación entre microorganismos fermentadores de lactosa y aquellos que no fermentan la lactosa, por ello se emplea dicho medio para la confirmación de bacterias entéricas Gram-negativas.

Fotografía 2.5.3.2 Crecimiento de *E. coli* en agar EMB



Propiedad de los autores

La mayor parte de bacterias **Coliformes**, forman colonias mucoides, circulares, convexas y lisas con bordes definidos, las fermentadoras de lactosa son de color negro azulado y poseen centros oscuros con periferias incoloras, y transparentes; mientras que las que son negativas a la fermentación de lactosa, forman colonias incoloras.



2.5.3.3 Epidemiología

Las bacterias pertenecientes al grupo de los Coliformes totales están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales.

Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos Coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los Coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas.²¹

2.5.3.4 Influencia en el medio ambiente

La presencia de Coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una re proliferación y una posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.

En aguas tratadas, los Coliformes totales funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen; pese a ello indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias.

2.5.4 Bacterias Termotolerantes

2.5.4.1 Morfología e Identificación

Los Coliformes fecales o termotolerantes son bacterias anaeróbicas facultativas, no esporuladas, Gram negativas, que pueden fermentar la lactosa a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, en un período de 24 horas. Comprenden el género *Escherichia* y en menor grado especies de *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella*.

²¹ CAMACHO, A.; GILES M.; ORTEGÓN A.; SERRANO B.; VELÁZQUEZ, O.: "Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos" 2^a edición. Revista Ciencias de la Facultad de Química, UNAM. México 2009.



Estos se denominan Termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia a *Coliformes Totales y Fecales*.²²

Escherichia coli se caracteriza de los demás Coliformes Termotolerantes por poseer las enzimas β -galactosidasa y β -glucuronidasa.

Se desarrolla a 44 - 45°C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol, liberando ácido y gas, produce Indol a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a

37°C pero no a 44- 45°C y algunas no liberan gas. No producen oxidasa ni hidrolizan la urea.

Existen diversos tipos de *E. coli* patógenos entre los que podemos destacar:

Tabla 2.5.4.1 Clasificación de *E.coli*

CEPAS DE <i>E. Coli</i>	PATOLOGÍA
<i>E. coli</i> enteropatogénico (EPEC)	Son aquellas cepas asociadas a diarreas infantiles, denominadas a menudo gastroenteritis infantiles.
<i>E. coli</i> enterotoxigénico (ETEC)	Son cepas capaces de producir enterotoxinas, como LT (enterotoxina termolábil), y ST (enterotoxina termoestable). En la actualidad los <i>E. coli</i> ETEC constituyen una de las principales causas de diarrea infantil en los países en vías de desarrollo y son los agentes más frecuentes de la llamada diarrea del viajero.
<i>E. coli</i> enteroinvasivas (EIEC)	Se denominan enteroinvasivas ya que tras establecer contacto con el epitelio del intestino grueso, destruyen el borde ciliado y penetran en

²² MADIGAN, M.; MARTINKU, J. Y PARKER, J. (1997). "Biología de los microorganismos" .Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua. Prentice Hall. Madrid. Octava edición. Capítulo 20. 986 págs.



	las células, causando ulceraciones e inflamación intestinal. De ahí que la enfermedad manifiesta signos de toxemia, con malestar, fiebre, intensos dolores intestinales y heces acuosas con sangre, moco y pus.
<i>E. coli</i> productora de verotoxina (VTEC)	Es una cepa que produce diarrea y presenta graves secuelas como: colitis hemorrágica y posiblemente síndrome urémico hemolítico.
Propiedad de los autores	

2.5.4.2 Características de Crecimiento

Para la diferenciación y enumeración de bacterias Coliformes termotolerantes según lo indica (Métodos Estándar), son identificadas por el medio Bacto EC, que consiste en un caldo lactosado (triptosa y lactosa), tamponado (fosfato dipotásico, fosfato monopotásico) al que se añade un 0,15% de sales biliares, con lo que se inhibe el crecimiento de bacterias formadoras de esporas y *Estreptococos fecales*, mientras que el crecimiento de *Coliformes* en especial de *E. Coli* se potencializa si se incuba a 44,5°C a partir de cultivos inoculados de caldo LST (Lauril sulfato triptosa). La fermentación de lactosa con la producción de gas sirve como evidencia presuntiva para determinar la presencia de organismos *Coliformes de origen fecal* y *Escherichia Coli*.

Escherichia Coli forma colonias planas, no viscosas, con bordes definidos, y resplandor metálico en los medios diferenciales de cultivo, además la mayoría de bacterias son mótiles.

2.5.4.3 Epidemiología

Hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal.

Otra característica importante de los *Coliformes termotolerantes*, es que pueden ser vectores de algunas enfermedades. Se trata de *E. coli* patógenos,



de los cuales existen muchos serotipos diferentes capaces de causar gastroenteritis en humanos y animales, siendo éstas especialmente serias en recién nacidos y niños de edad inferior a 5 años.

Pese a que se considera que los *E. coli* patógenos representan menos del 1% del total de Coliformes presentes en el agua contaminada, basta con 100 organismos para causar una enfermedad.²³

2.5.4.4 Influencia en el medio ambiente

La presencia de Coliformes termotolerantes es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución. Desde hace mucho tiempo dichos organismos, se han utilizado como indicador ideal de contaminación fecal.

Su presencia se interpreta como una premisa de que los organismos patógenos pueden estar presentes.

Por tanto, su detección en aguas o alimentos sirve de indicador indirecto de contaminación y del riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas intestinales.

2.6 Métodos y Ensayos

2.6.1 Recolección de Muestras

Las muestras para estudios microbiológicos se deben recoger en botellas cuidadosamente lavadas, a las que se habrá dado un enjuague final con agua destilada y posteriormente serán esterilizadas.

Es importante añadir un agente reductor a los recipientes donde se recogerá el agua, con el objetivo de neutralizar todos los residuos halógenos que impidan

²³ GOEZ, Mariano; VÁZQUEZ, María; PEÑA, Pilar. "Determinación y diferenciación de *Escherichia coli* y Coliformes totales usando un mismo sustrato cromogénico". Laboratorio central. Revista de la OPS. España, 2002.



el mantenimiento del verdadero contenido microbiano del agua en el momento de realizarse la toma.

El agente usado para la recolección de las muestras fue el Na_2SO_3 al 3%, y se incorporó 0,1ml para un frasco de 120ml de capacidad, con lo que se neutraliza hasta 5mg/l de cloro residual.¹³

2.6.2 Recuento de Coliformes Totales por la Técnica del NMP y Tubos Múltiples.

2.6.2.1 Generalidades

El grupo Coliforme está formado por todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram-negativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas. Los Coliformes totales pueden ser de origen fecal o no.

Su existencia en fuentes de agua potable indica una desinfección inapropiada de dicha agua para consumo humano.

2.6.2.2 Fundamento

La enumeración de viables por el método del NMP, proporciona una estimación de los organismos viables existentes en un sustrato. Este es un concepto estadístico derivado de la teoría de probabilidades, aplicable a la enumeración de microorganismos bajo condiciones como las que se indican a continuación:

- Los microorganismos se distribuyen de un modo homogéneo y al azar en el medio que los contiene.
- Fracciones iguales (muestras) que puedan separarse del medio original contendrán igual número de células.

2.6.2.3 Reactivos

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.



AGUA DE DILUCIÓN AMORTIGUADORA

Uno de los factores importantes en la preparación de diluciones es el diluente. Para ser considerado ideal no debería cambiar la densidad bacteriana ni bajar la recuperación de organismos atenuados.

Se debe utilizar agua amortiguadora que se prepara por la adición de 1,25ml de solución amortiguadora de fosfato (43g de KH_2PO_4 por litro de agua destilada, con el pH ajustado a 7,2) y 5,0ml de solución de sulfato de magnesio (50mg de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ por litro de agua destilada) a un litro de agua destilada.

El pH final, luego de la esterilización, deber ser 7,2 +- 0,1.

INDICADOR PÚRPURA DE BROMOCRESOL

El púrpura de bromocresol es un indicador de pH, el mismo combinado con el caldo Lauril triptosa (color púrpura), resulta de gran utilidad en pruebas de diagnóstico de microorganismos indicadores, pues facilita su identificación a causa de un viraje que se da por una reducción del pH, esto a su vez se debe al crecimiento de microorganismos que fermentan la glucosa produciendo una condición ácida y originando que el dicho indicador vire al amarillo.

Cabe mencionar que se debe añadir 0,01g/L del indicador al medio de Lauril triptosa con lo que se obvia el uso de tubos Durham.

CALDO LAURYL TRIPTOSA CON PÚRPURA DE BROMOCRESOL (CONCENTRACIÓN SIMPLE Y DOBLE)

Para determinar la cantidad de medio que debe contener el tubo, es necesario tomar en cuenta el inóculo de la muestra, por ello a continuación se indica la siguiente tabla:

Tabla 2.6.2.3 Preparación del medio líquido de Lauril Triptosa			
Inóculo ml	Cantidad de medio en el tubo ml	Volumen del medio + inóculo ml	Medio líquido de Lauril triptosa deshidratado necesario g/l
1	10 o más	11 o más	35,6
10	10	20	71,2



10	20	30	53,4
100	50	150	106,8
100	35	135	137,1
100	20	120	213,6
APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.			

El caldo LST, contiene: Tryptosa 20g, Lactosa 5g, Fosfato dipotásico (K_2HPO_4) 2.75g, Fosfato monopotásico (KH_2PO_4) 2.75g, Cloruro de sodio (CINa) 5g, Lauril sulfato de sodio 0.10g.

En base a la tabla 2.6.2.3-1 pesar el medio deshidratado para realizar caldo simple y doble, esto se debe diluir en un volumen de 1000ml de agua destilada e incorporar 0.01g de púrpura de bromocresol.

Calentar, agitando frecuentemente, hasta la completa disolución del medio, teniendo cuidado de no alcanzar la temperatura de ebullición. En tubos de ensayo de 18 mm x 180 mm, conteniendo en su interior tubos de Durham invertidos, distribuir volúmenes adecuados para que el volumen final, después de la esterilización sea de 10ml. Tapar con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a 121°C, durante 15 min.

El medio ya preparado puede almacenarse a temperatura ambiente, en un lugar limpio y libre de polvo, durante no más de una semana.

2.6.2.4 Procedimiento

El procedimiento para determinar Coliformes totales y Termotolerantes en agua cruda y en agua clorada es diferente, por ello a continuación se describe el proceso y se indica el diagrama para cada tipo de muestra.

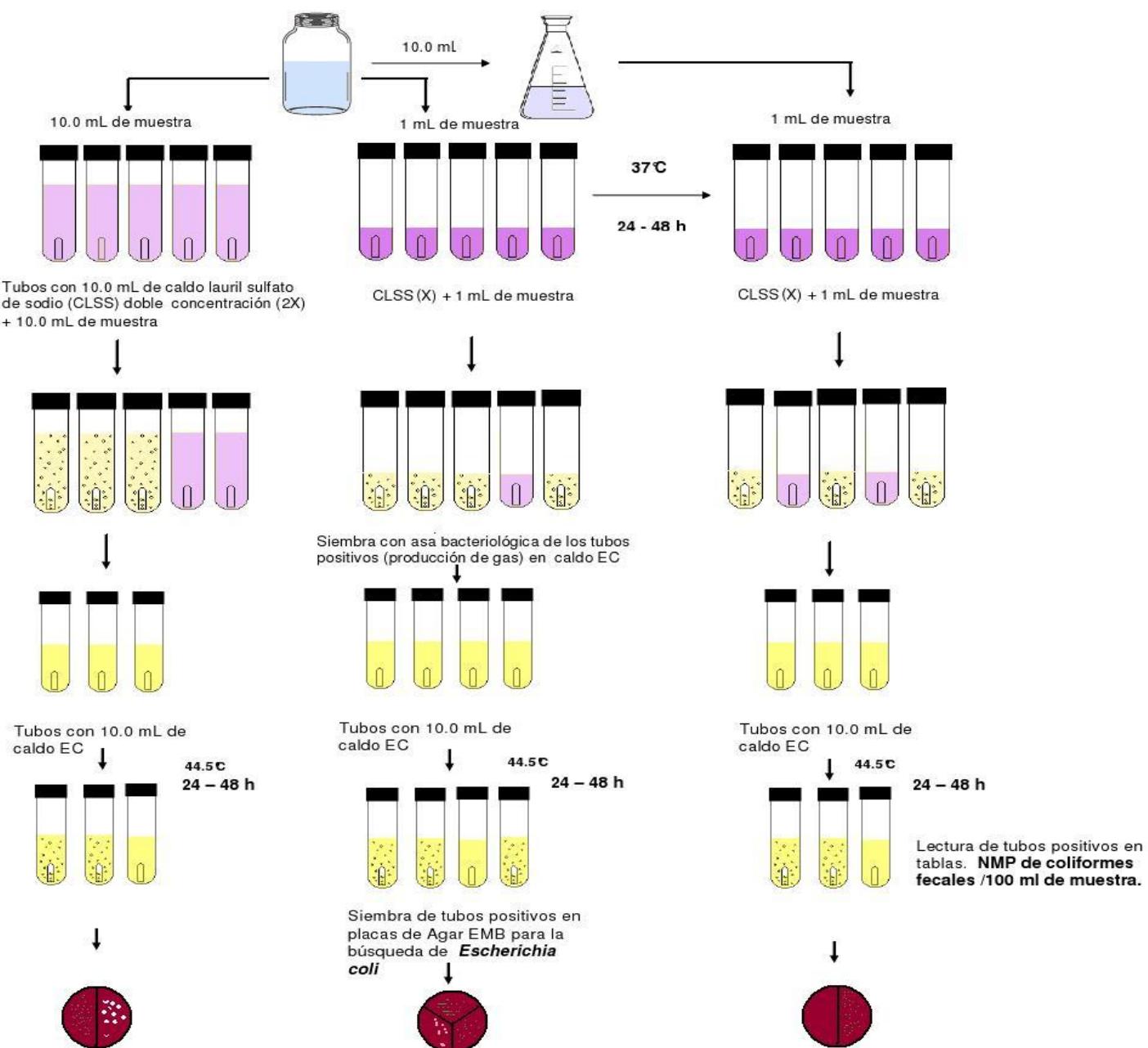
PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA EL AGUA CRUDA

- a)** Homogeneizar la muestra correctamente.
- b)** Inocular 10ml de muestra en cinco tubos previamente etiquetados, que contienen caldo LST de doble concentración, tapar y homogeneizar.

- c) Realizar una dilución 1/10, para lo cual se coloca 1ml de muestra en cinco tubos que contienen 10ml de caldo LST de concentración simple, tapar y homogeneizar.
- d) Para realizar la dilución 1/100 se debe tomar 10ml de la muestra y colocar en 90ml de agua de dilución homogeneizar correctamente y tomar 1ml de la mezcla y colocar en cinco tubos que contienen 10ml de caldo LST de concentración simple, tapar y homogeneizar.
- e) Los tubos inoculados se incuban a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$. Tras 24 horas, agitar cada tubo suavemente y observar si se produce gas o un crecimiento ácido (viraje del indicador de púrpura a amarillo) y en caso contrario, reincubar y volver a examinar al final de 48 horas. Registrar la presencia o ausencia de gas o ácido.
- f) La aparición de gas o ácido en los tubos a las 48 horas constituye una presunta reacción positiva; los tubos con este tipo de reacción deben ser estudiados en la fase confirmatoria. La ausencia de crecimiento o formación de gas al finalizar las 48 horas indica una reacción negativa.
- g) Leer los resultados con la tabla para NMP. (ver anexo 3).

A continuación en el diagrama 1, se indica todo el proceso a seguir para la siembra de las muestras que han sido cloradas y en el diagrama 2 se indica el proceso a seguir para la siembra de las muestras cloradas.

DIAGRAMA 1
RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES POR LA
TÉCNICA DEL NMP EN MUESTRA DE AGUA SIN CLORO



PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS PARA EL AGUA CLORADA

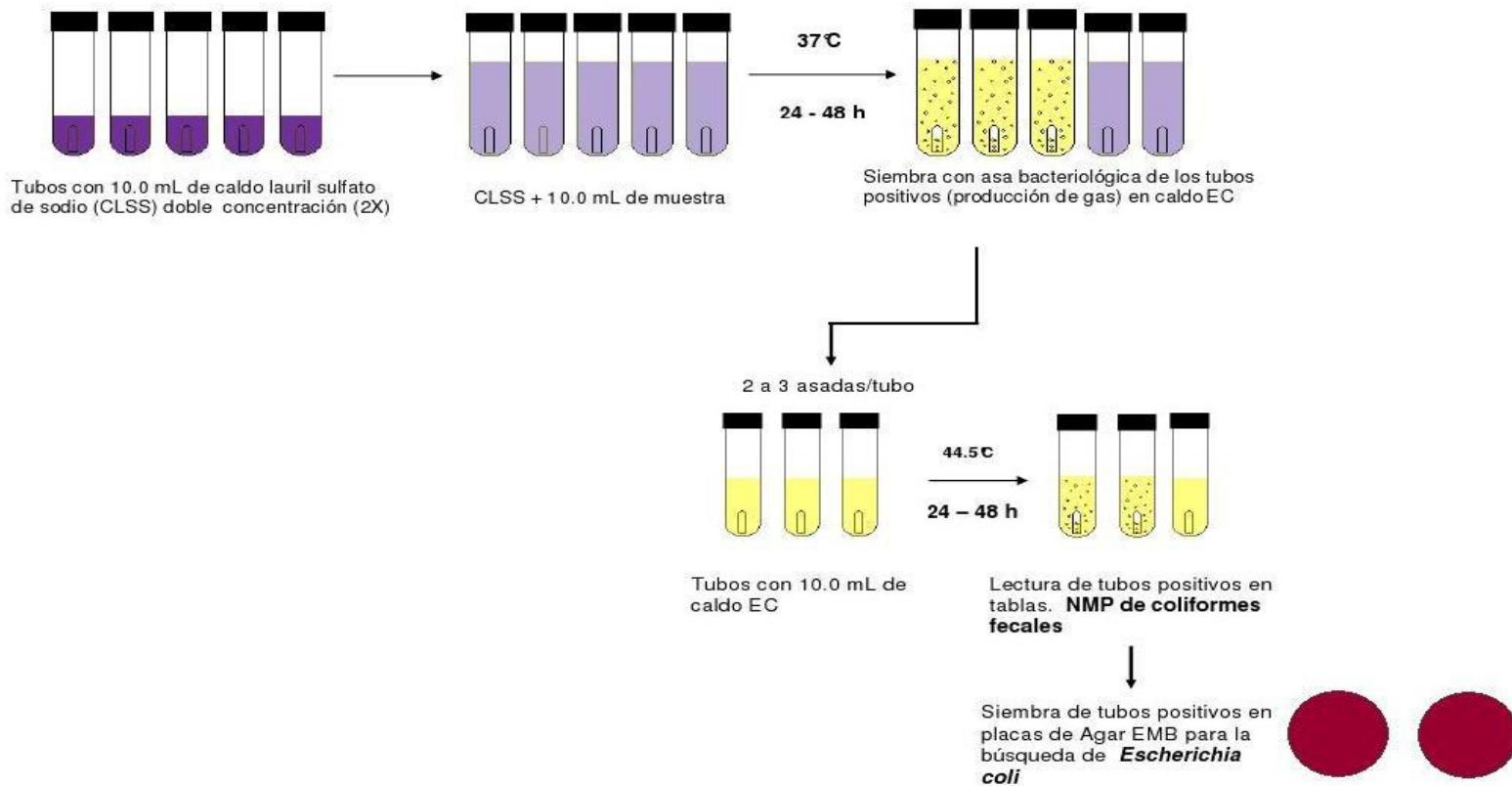
- a)** Homogeneizar correctamente la muestra.
- b)** Inocular 10ml de muestra en cinco tubos que contienen 10ml de caldo LST de doble concentración, tapar y homogeneizar.
- c)** Los tubos inoculados se incuban a $35^{\circ}\text{C} \pm 0,5$. Tras 24 horas, agítese cada tubo suavemente y se observa si se produce gas o un crecimiento ácido (viraje del indicador de púrpura a amarillo) y en caso contrario, reincubar y volver a examinar al final de 48 horas. Registrar la presencia o ausencia de gas o ácido.
- d)** La aparición de gas o ácido en los tubos a las 48 horas constituye una presunta reacción positiva; los tubos con este tipo de reacción deben ser estudiados en la fase confirmatoria. La ausencia de crecimiento o formación de gas al finalizar las 48 horas indica una reacción negativa.
- e)** Leer los resultados con la tabla para NMP. (ver anexo 3)

Fotografía 2.6.2.4
Lauril Sulfato Positivo y negativo



Propiedad de los Autores

DIAGRAMA 2
RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES Y TERMOTOLERANTES POR LA TÉCNICA DEL NMP EN AGUA CLORADA





2.6.3 Recuento de Coliformes Termotolerantes por la Técnica del NMP y Tubos Múltiples.

2.6.3.1 Generalidades

La prueba para Coliformes Termotolerantes permite diferenciar entre los Coliformes de origen fecal (intestino de los animales de sangre caliente) y los procedentes de otras fuentes. Dentro del grupo de Coliformes termotolerantes la especie más abundante es *E.coli*.

2.6.3.2 Fundamento

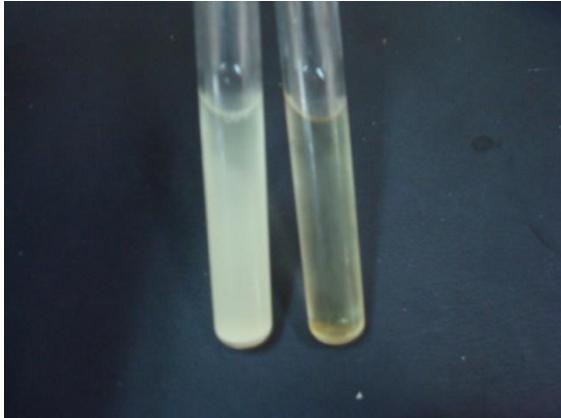
La determinación del número más probable (NMP) de bacterias Coliformes fecales se realiza a partir de los cultivos de todos los tubos positivos de caldo Lauril triptosa, los cuales son inoculados en tubos conteniendo medio EC, incubados a 44,5°C en baño María a temperatura constante, durante 24 horas. La densidad del grupo Coliforme fecal es calculada por la tabla de NMP teniendo como base los tubos positivos del medio EC.

El medio EC contiene triptosa 20g, Lactosa 5g, mezcla de sales biliares 1.5g, Fosfato monobásico de potasio (K_2HPO_4) 4g, fosfato dibásico de potasio (KH_2HPO_4), 1.5g, Cloruro de Sodio ($NaCl$) 5g. Para preparar dicho medio se debe añadir los ingredientes deshidratados a 1000ml de agua destilada, calentar agitando frecuentemente hasta su completa disolución, teniendo cuidado de no alcanzar la temperatura de ebullición. En tubos de ensayo de 18 mm x 180 mm, conteniendo en su interior tubos de Durham invertidos, distribuir volúmenes adecuados para que el volumen final, después de la esterilización sea de 10ml. Tapar con tapones de acero inoxidable y esterilizar en autoclave a 121°C, durante 15 min.

2.6.3.3 Procedimiento

- a) Agitar suavemente los tubos de LST que muestran gas o un fuerte crecimiento, con una asa estéril de metal de 3mm de diámetro, pasar el cultivo de cada tubo de fermentación al medio EC.
- b) Incubar los tubos con medio EC inoculados en un baño de agua a $44,5 \pm 0,2$ °C durante 24 horas. Dicho proceso debe realizarse antes de que transcurran 30 minutos de la inoculación.
- c) Se considera como reacción positiva la aparición de gas en un medio EC a las 24 horas o menos de incubación. La falta de gas (a veces se produce crecimiento) constituye un resultado negativo, que indica que el origen de los microorganismos no es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente.
- d) Leer los resultados con la tabla para NMP. (ver anexo 2)

Fotografía 2.6.3.3 Caldo EC positivo y negativo



Propiedad de los Autores



2.6.4 Prueba Confirmatoria de Coliformes Totales en Agar Eosina Azul de Metileno.

2.6.4.1 Generalidades

La prueba confirmatoria para Coliformes consiste en aislar los microorganismos en agar Eosina Azul de Metileno con lo que se confirma la presencia o ausencia de Coliformes totales.

Posteriormente se puede distinguir los microorganismos aislados a través de la tinción de Gram, diferenciando bacterias de levaduras.

2.6.4.2 Fundamento

La prueba se basa en la inoculación en un medio selectivo y diferencial de todos los tubos que dieron positivos o fueron sospechosos en la fase presuntiva.

El desarrollo de las bacterias Gram (+) está inhibido por los colorantes del medio (eosina amarillo y azul de metileno). La combinación de colorantes es la que permite diferenciar entre los fermentadores y no fermentadores de lactosa; por esto es que el medio EMB permite el crecimiento y diferenciación de Coliformes.²⁴

El medio EMB contiene 10g de Peptona, 2g de Fosfato dibásico de potasio K₂HPO₄, 20g de Agar. Para su preparación se agregan todos los ingredientes anteriores a un litro de agua destilada, se calienta a ebullición, hasta disolución de todos los ingredientes y se recupera la pérdida por evaporación con agua destilada. No es necesario el ajuste de la reacción.

Se vierten volúmenes determinados, por lo general, porciones de 100 a 200ml, en frascos o matraces y se esterilizan.

²⁴ TERRAGNO, Raquel; CAFFER, María; BINSZTEIN, Norma. Manual de Procedimientos 2007. Revista del Centro Regional de Referencia del WHO Global Salm Surv para América del Sur.

2.6.4.3 Procedimiento

- a)** Se inoculan en estrías una o más placas con cada uno de los tubos de fermentación primaria que hayan mostrado la formación de gas; es esencial que las placas se inoculen en forma tal que permitan el desarrollo de colonias aisladas.
- b)** Utilizar una aguja de inoculación ligeramente curvada en su extremo; decantar e inclinar el tubo de fermentación primaria, para evitar que la aguja tome la nata o membrana sobrenadante.
- c)** Insertar el extremo de la aguja en el líquido del tubo hasta una profundidad aproximada de 5,0 mm.
- d)** Inocular la placa que contiene agar EMB e incubarla (con la caja invertida) a $35^{\circ}\text{C}\pm0,5$ por 24 horas.

Las colonias que se desarrollan en la placa de agar con Eosina y azul de metileno se pueden describir como: ¹³

Tabla 2.6.4.3 Colonias Típicas y atípicas en agar EMB

Colonia	Interpretación
Nucleadas con brillo metálico	Típicas/Positivo
Opacas, anucleadas, mucoides y rosadas	Atípicas/ Realizar Gram
Características diferentes a las antes nombradas o no hay crecimiento de colonias.	Negativo
APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 17.1992.	

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 11.1963

Fotografía 2.6.4.3 Colonias típicas y atípicas en agar EMB



Propiedad de los Autores

3

Resultados y Discusión



3.1 Análisis Estadístico del control Físico- Químico y Microbiológico de la Junta de Agua Potable Regional Cojitambo.

3.1.1 Estadística descriptiva. Estudia las técnicas de ordenación, clasificación, recuento y presentación de datos en tablas y gráficas, con el afán de obtener valores que resuman la información.

En la estadística descriptiva se emplean diferentes grupos de indicadores dentro de los más empleados tenemos:

- Parámetros de centralización.
- Parámetros de dispersión.

3.1.1.1 Parámetros de centralización: Son indicadores estadísticos que muestran hacia qué valor (o valores) se agrupan los datos. Los parámetros más conocidos son:

1. **Media Aritmética o Promedio (x):** Es el valor resultante que se obtiene al dividir la sumatoria de un conjunto de datos sobre el número total de datos.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

2. **Mediana (Me):** Valor que divide una serie de datos en dos partes iguales. La cantidad de datos que queda por debajo y por arriba de la mediana son iguales.
3. **Moda (Mo):** Indica el valor que más se repite, o la clase que posee mayor frecuencia.

3.1.1.2 Parámetros de dispersión: Son indicadores estadísticos que muestran la distancia promedio que existe entre los datos y la media aritmética; los parámetros más conocidos son:

1. **Rango (R):** Se define como la diferencia existente entre el valor mayor y el menor de la distribución.

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

2. Varianza (S^2): Es la media de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la variable y la media aritmética de la distribución.

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

3. Desviación estándar (S): Es una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética.

$$S = \sqrt{S^2}$$

4. Coeficiente de Variación (CV): Es una medida de dispersión relativa de los datos y se calcula dividiendo la desviación estándar muestral por la media y multiplicando el cociente por 100.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100$$

3.2. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos tanto para el control físico-químico como microbiológico del agua que suministra la Junta Regional Cojitambo, nos permitirán hacer una evaluación de la calidad de dicho líquido, con lo que se efectúa el principal objetivo de esta tesis, determinar si el agua cumple o no con los requisitos de la norma INEN 1108:2006.

Los resultados que se muestran a continuación son procedentes de las captaciones (Mamallipis y Galuay), planta de tratamiento, tanques de reserva y red de distribución.



Tabla 3.2- a RESULTADOS DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL

COJITAMBO: CAPTACIONES

Fecha	Muestra	Procedencia	t (°C)	pH	Color U. Pt/Co	Conductividad $\mu\text{mho}/\text{cm}$	SDT mg/L	Turbiedad NTU	Alcalinidad mg/L CaCO_3	Cl Residual	Cloruros	Dur. Total mg/L CaCO_3	Dur.Ca ⁺⁺ mg/L CaCO_3	Dur. Mg^{++} mg/L CaCO_3	Nitritos $\mu\text{g}/\text{L}$
12/7/2009	1	Captación Mamallipis	8	7.8	15	155.4	101.0	0.55	79.00	0	0.486	73.85	67.07	6.8	14.0
1/4/2010	2	Captación Galuay	1	7.7	10	212	137.8	0.30	111.9	0	0.972	98.80	89.03	9.8	12.9
1/27/2010	3	Captación Mamallipis	1	7.6	10	159.6	103.7	0.67	74.66	0	0.47	73.56	67.07	6.5	14.2
1/27/2010	4	Captación Galuay	1	7.7	10	228	148.2	0.58	117.4	0	0.971	104.3	93.42	10.9	12.3
			5					0	8			1	2		5



Tabla 3.2-b. RESULTADOS DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO: RESERVAS

Fecha.	Muestra	Procedencia	t (°C)	pH	Color U. Pt/Co	Conductividad $\mu\text{mhos/cm}$	Sólidos disueltos mg/L	Turbiedad NTU	Alcalinidad mg/L CaCO_3	Cl Residual	Cloruros	Dur. Total mg/L CaCO_3	Dur.Ca mg/L CaCO_3	Dur. Mg++ mg/L CaCO_3	Nitritos $\mu\text{g/L}$
16/11/2009	1	Reserva 1	11	7.7	5	208.8	135.72	0.225	118.58	0.6	5.71	103.8	96.40	7.4	
19/11/2009	2	Reserva 3	14	7.6	5	199.8	129.87	0.15	111.99	0.5	3.33	91.81	81.302	10.5	
25/11/2009	3	Reserva 2	12	7.6	5	159	103.35	0.25	76.86	0.7	3.81	69.86	63.882	6.0	
25/11/2009	4	Reserva 4	12	7.6	5	159	103.35	0.3	77.95	0.5	3.33	69.86	63.702	6.2	
2/12/2009	5	Reserva 5	14	7.7	5	169.6	110.24	0.125	79.056	0.2	2.85	77.84	64.882	13.0	
2/12/2009	6	Reserva 7	14	7.8	5	159	103.35	0.15	76.86	0.1	2.3	74.85	61.572	13.3	
7/12/2009	7	Reserva 6	16	7.7	5	218	141.7	0.25	103.21	0.8	2.38	97.804	87.932	9.9	
9/12/2009	8	Reserva 4	15	7.7	5	190.8	124.02	0.175	97.72	0.5	3.33	89.82	79.156	10.7	
6/1/2010	9	Reserva 1	14	7.6	5	175	113.75	0.225	88.43	0.8	4.7	78.056	68.176	9.9	
6/1/2010	10	Reserva 3	16	7.7	5	216.91	140.9915	0.15	102.11	0.5	2.859	97.804	87.932	9.9	
11/1/2010	11	Reserva 2	14	7.6	5	207.1	134.615	0.2	102.11	1	2.859	98.82	87.932	10.9	
13/1/2010	12	Reserva 5	15	7.7	30	109	70.85	0.375	97.214	0	1.9	87.924	76.952	11.0	11.17
13/1/2010	13	Reserva 7	15	7.6	5	216.9	140.985	0.225	95.516	0	4.28	81.836	71.462	10.4	9.89
25/1/2010	14	Reserva 6	15	7.7	5	216.91	140.9915	0.2	103.212	0.5	4.28	90.818	79.152	11.7	10.05

**Tabla 3.2-c RESULTADOS DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO: Planta de Tratamiento**

Fecha.	Muestra	Procedencia	t (°C)	pH	Color U. Pt/Co	Conductividad μ mhos/cm	Sólidos disueltos mg/L	Turbiedad NTU	Alcalinidad mg/L CaCO ₃	Cl Residual	Cloruros	Dur. Total mg/L CaCO ₃	Dur.Ca mg/L CaCO ₃	Dur. Mg++ mg/L CaCO ₃	Nitritos μ g/L
11/30/09 12/7/09 12/14	1	Agua de ingreso	12	7.7	10	196.2	127.53	0.45	129.56	0	3	101.80	90.872	10.9	
	2	Agua Filtrada	12	7.7	5	193.8	125.97	0.225	118.58	0	3	101.80	90.982	10.8	
	3	Agua de Salida	12	7.6	5	205.2	133.38	0.225	114	0.8	5.71	99.8	89.10	10.7	
	4	Agua de ingreso	12	7.6	10	98.1	63.765	0.38	47.41	0	0	73.56	63.562	10.0	
	5	Agua Filtrada	12	7.6	10	87.2	56.68	0.2	54.9	0	0	73.6	63.572	10.0	
	6	Agua de Salida	12	7.7	5	109	70.85	0.25	59.29	0.3	2.85	75.96	65.752	10.2	
12/14	7	Agua de ingreso	14	7.7	5	175	113.75	0.25	88.93	0	0	77.88	68.172	9.7	
	8	Agua Filtrada	15	7.7	5	150	97.50	0.225	86.74	0	0	77.88	68.172	9.7	
	9	Agua de Salida	14	7.7	5	175	113.75	0.225	88.43	1	4.7	78.056	68.176	9.9	
	10	Agua de ingreso	13	7.7	10	201.4	130.91	0.2	102.11	0	0.476	90.81	81.352	9.5	
	11	Agua Filtrada	15	7.7	5	190.8	124.02	0.15	99.91	0	0.476	90.8	81.352	9.4	



	12	Agua de Salida	14	7.7	5	254.4	165.36	0.15	99.91	1.5	5.71	95.8	85.742	10.1	
	13	Agua de ingreso	17	7.7	5	218	141.70	0.4	104.31	0	0	99.8	89.038	10.8	
	14	Agua Filtrada	16	7.7	5	210.9	137.08	0.225	106.5	0	0.476	97.72	86.742	11.0	
	15	Agua de Salida	14	7.7	5	207.1	134.61	0.2	102.11	1	2.859	98.82	87.932	10.9	
1/27/10	16	Agua de ingreso	15	7.8	10	205.35	133.47	0.425	103.21	0	0.95	96.62	84.642	12.0	8.79
	17	Agua Filtrada	15	7.8	5	205.35	133.47	0.275	111.99	0	1.42	95.52	83.542	12.0	8.79
	18	Agua de Salida	15	7.7	5	210.9	137.08	0.275	109.8	0.5	2.85	97.804	85.742	12.1	10.05

Tabla 3.2-d. RESULTADOS DE CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO: RED DOMICILIARIA

Fecha	Muestra	Comunidad	Usuario	t (°C)	pH	Color U. Pt/Co	Conductividad $\mu\text{mho}/\text{cm}$	Sólidos disueltos mg/L	Turbiedad NTU	Alcalinidad mg/L CaCO_3	Cl Residual	Cloruros	Dur. Total mg/L CaCO_3	Dur.Ca mg/L CaCO_3	Dur. Mg++ mg/L CaCO_3	Nitritos $\mu\text{g/L}$
11/16/09	1	San José Alto.	Fmlia. Gallegos	12	7.6	5	205.2	133.38	0.225	114.19	0.3	4.76	99.80	89.102	10.7	
11/19/09	2	Guablincay.	Esc. 9 de Octubre	13	7.7	5	199.8	129.87	0.19	109.8	0.4	2.38	97.8	87.10	10.7	
	3	Guablincay.	Fmlia. Morales	16	7.7	5	210.9	137.08	0.2	107.6	0.3	2.85	99.80	90.20	9.6	
	4	Llimpi.	Llimpi-Fmlia. Alvarez	15	7.7	5	218	141.70	0.225	114.19	0.05	0.95	105.78	94.732	11.0	
	5	Mururco-	Fmlia. Rodríguez	10	7.7	5	207.1	134.61	0.225	114.1	0.3	5.48	99.8	89.112	10.7	

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

		Azogues.							9			0			
	6	Pizhumaza.	Fmlia. Palaguachi	12	7.7	5	218	141.70	0.225	116.38	0.5	2.85	102.79	94.622	8.2
11/23/09	7	Pizhumaza.	Esc. Pedro Moncayo	12	7.7	5	207.1	134.61	0.175	111.96	0.5	3.33	97.8	88.142	9.7
	8	Cochahuaico	Fmlia. Heras	12	7.7	5	207.1	134.61	0.175	109.8	0.5	2.85	99.8	90.302	9.5
	9	La Villa.	Fmlia. Tenesaca	13	7.7	5	207.1	134.61	0.15	107.6	0.5	3.33	99.8	91.232	8.6
	10	San José Bajo.	Fmlia. Peralta	14	7.8	5	150	97.5	0.225	76.86	0.5	2.85	70.85	59.879	8.7
11/25/09	11	Mururco-Cojitambo.	Esc. Eulogio Astudillo	12	7.7	5	159	103.35	0.325	74.66	0.1	2.85	71.85	64.882	7.0
	12	Shunshi.	Fmlia. Jara	12	7.7	5	216.6	140.79	0.325	72.46	0.3	2.85	93.81	86.842	7.0
	13	Uzno.	Fmlia. Parra	12	7.7	5	159	103.35	0.2	79.05	0.2	2.85	73.85	64.882	9.0
11/30/09	14	San Nicolás.	Esc. Semira Bayas	12	7.6	5	130.8	85.02	0.35	63.88	0	0	62.87	55.572	7.3
	15	Angaloma.	Fmlia. Sánchez	15	7.6	5	119.9	77.93	0.23	68.076	0	1.9	77.95	68.052	9.9
12/2/09	16	La Dolorosa.	Esc. Luis Castanier	15	7.7	>5	148.4	96.46	0.14	80.15	0	2.3	75.84	62.572	13.3
	17	La Dolorosa.	Fmlia. Guamán	15	7.7	5	169.6	110.24	0.125	83.44	0.1	3.3	72.85	59.372	13.5
	18	La Dolorosa.	(Autopista) Tienda La Tambeñita	15	7.7	>5	148.4	96.46	0.14	79.05	0	1.9	73.85	62.672	11.2
12/7/09	19	San José Alto.	Fmlia. Campoverde	15	7.7	0	175	113.75	0.225	86.76	0.5	4.7	79.84	69.272	10.6
12/9/09	20	Pillcomarca.	Fmlia. Reinoso	16	7.7	5	190.8	124.02	0.2	99.91	0.3	3.33	90.81	79.156	11.7
	21	Chacaloma.	Fmlia. Urgiles	16	7.7	<5	201.4	130.91	0.15	99.91	0.3	2.85	91.81	78.058	13.8

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	22	San Miguel.	Iglesia de San Miguel.	16	7.7	<5	190.8	124.02	0.2	102.1 1	0.5	3.33	91.8 1	79.156	12.7	
	23	San Miguel.	Fmlia. Guamán	15	7.7	<5	190.8	124.02	0.175	99.91	0.5	3.33	89.8 2	76.96	12.9	
12/14/09	24	Corralón.	Fmlia. Reinoso	16	7.7	5	212	137.8	0.15	102.1 1	1	3.81	96.8	86.842	10.0	
	25	Quililic.	Fmlia. Mejía	15	7.7	5	212	137.8	0.15	108.7	0.5	2.86	97.8	86.842	11.0	
12/16/09	26	Chapte.	Fmlia. Rubio	15	7.7	5	190	123.5	0.55	102.1 1	0	0.476	97.8 04	87.932	9.9	
	27	Chapte.	Fmlia. Calle	16	7.7	5	207.1	134.61	0.35	101.0 1	0	0.476	96.8 06	86.952	9.9	
	28	Toray.	Fmlia. Calle	15	7.7	5	207.1	134.61	0.2	102.1 1	0	0.476	99.8	89.302	10.5	
	29	San Jacinto.	Fmlia. Heras	16	7.7	5	207.1	134.61	0.25	102.1 1	0.1	1.429	101. 79	91.232	10.6	
	30	San Jacinto.	Esc. Leopoldo Cordero	15	7.7	5	207.1	134.61	0.2	103.2 1	0.3	1.906	97.8 04	87.932	9.9	
1/4/10	31	Cojitambo-Centro.	Esc. Maria Curie	16	7.7	0	212	137.8	0.15	105.4	1	4.47	95.8 08	85.742	10.1	
	32	Cojitambo-Centro.	Fmlia. Toledo	16	7.7	0	201.4	130.91	0.2	109.7 9	0.8	2.859	95.8 08	85.742	10.1	
	33	Uzno.	Fmlia. Bravo	17	7.7	0	190.8	124.02	0.15	103.2	0.0 5	0.476	96.8 06	86.652	10.2	
	34	Corralón.	Esc. Capitán Juan José Salinas	16	7.7	0	212	137.8	0.15	106.4 2	1	4.765	97.8 04	86.652	11.2	
1/6/10	35	Toray.	Fmlia. Guartán	15	7.7	5	218	141.7	0.2	104.3 1	0.5	2.38	96.8 06	86.842	10.0	
	36	Mururco-Azogues	Fmlia. Puma	16	7.7	5	218	141.7	0.25	103.2 1	0.5	2.38	97.8 04	87.932	9.9	
	37	Llimpi.	Fmlia. Sacoto	15	7.7	5	218	141.7	0.25	103.2 1	0.4	2.859	96.8 06	86.842	10.0	

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	38	Angaloma.	Fmlia. Chicaiza	15	7.7	5	210.9	137.08	0.2	103.2 1	0.2	2.382	95.8	84.642	11.2	
1/11/10	39	San Nicolás.	Fmlia. Chauca	16	7.7	5	216.81	140.92	0.225	102.1 1	0.3	3.335	94.8 1	84.642	10.2	
1/13/10	40	La Dolorosa.	Autopista Tienda La Loma	15	7.7	15	148.4	96.46	0.3	91.60 6	0	2.38	89.8 8	79.156	10.7	
	41	La Dolorosa.	Panamerica Sur Fmlia. Cordero-Calle	14	7.7	15	201.4	130.91	0.3	91.84 2	0	0	84.9 44	72.562	12.4	
1/18/10	42	Quililic.	Fmlia. Peralta-Peralta	14	7.7	5	210.94	137.11	0.19	97.84	0.2	4.28	86.8 26	73.462	13.4	
	43	Cochahuaico.	Fmlia. Reinoso	14	7.7	10	166.5	108.22	0.19	79.05 6	0.0 5	2.382	81.8 36	71.462	10.4	
1/20/10	44	Pizhumaza.	Fmlia. Dután	15	7.7	5	177.6	115.44	0.15	93.33	0.0 5	2.382	90.8 18	80.352	10.5	
	45	La Villa.	Fmlia. Tenesaca	15	7.7	5	177.6	115.44	0.15	94.42 8	0.2	2.859	89.8 2	79.152	10.7	
1/20/10	46	San Miguel.	Fmlia. Urgilés	15	7.7	5	177.6	115.44	0.15	93.33	0.4	2.382	91.8 18	81.352	10.5	
	47	San Miguel.	Fmlia. Dután-Cuzco	14	7.7	5	188.7	122.65	0.15	94.42 8	0.0 5	2.382	91.8 16	81.352	10.5	
1/20/10	48	San José Alto.	Fmlia. Quinteros	15	7.7	5	199.8	129.87	0.15	93.33	0.4	2.382	91.8 16	80.252	11.6	
	49	San José Alto.	Fmlia. Calle	13	7.7	5	199.8	129.87	0.15	93.33	0.4	2.859	90.8 18	80.252	10.6	
1/20/10	50	Uzno.	Fmlia. Ordoñez-León	14	7.8	5	176.7	114.85	0.175	98.82	0.0 5	1.906	89.8 2	79.152	10.7	12.2 5
	51	Corralón.	Fmlia. Calle-Bravo	14	7.8	5	166.5	108.22	0.15	97.72 2	0.0 5	1.906	88.8 2	78.052	10.8	12.3 5
	52	Cojitambo-Centro.	Esc. Dr. Ángel Enrique Montalvo	14	7.8	10	177.6	115.44	0.15	97.72 2	0.2	1.429	87.8 2	78.052	9.8	12.3 5

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	53	Pillcomarca.	Fmlia. Fajardo-Bravo	13	7.8	5	188.7	122.65	0.175	95.52	0.0 5	1.429	86.8 2	75.862	11.0	17.5
	54	Cojitambo-Centro.	Col. Dr. Alberto Gabriel Sánchez	14	7.8	5	182.4	118.56	0.15	96.82	0.2	1.906	87.8 2	78.052	9.8	11.3 2
	55	Mururco-Cojitambo.	Fmlia. Jachero-Ladaicela	13	7.8	5	183.15	119.04	0.15	96.82	0.1	1.429	78.8 4	68.172	10.7	12.3 5
	56	Guablincay.	Fmlia. Alvarez-Rodríguez	16	7.8	5	183.15	119.04	0.225	96.82	0.0 5	1.906	82.8 3	70.372	12.5	11.3 2
1/25/2010	57	Chapte.	Fmlia. Bravo-Campoverde	14	7.7	5	216.91	140.99	0.15	99.91 8	0.3	2.38	91.8 16	80.252	11.6	12.0 9
	58	Chacaloma.	Fmlia. Méndez-Heras	15	7.7	5	214.73	139.57	0.2	95.52 6	0	3.81	91.8 16	80.252	11.6	14.2 9
	59	Pillcomarca.	Fmlia. Calle-Urgilés	15	7.7	5	215.82	140.28	0.15	95.52 6	0.3	1.9	90.8 18	79.152	11.7	12.0 9
	60	Shunshi	Fmlia. Rojas-Urgilés	15	7.7	10	215.82	140.28	0.25	95.52 6	0.3	3.81	87.8 24	76.952	10.9	11.1 7
	61	Llimpi.	Fmlia. Muñoz-Romero	15	7.7	5	215.82	140.28	0.175	102.1 1	0.2	2.85	87.8 24	76.952	10.9	11.3 2
	62	Mururco-Azogues	Fmlia. Cabrera-Calle	15	7.7	5	215.82	140.28	0.15	98.82	0.2	2.85	90.8 18	80.252	10.6	9.89
	63	La Villa.	Fmlia. Villa	15	7.7	5	210.9	137.08	0.275	98.82	0	1.9	93.8 12	82.442	11.4	10.0 5
1/27/2010	64	Cojitambo-Centro.	Oficinas de Sistema Regional	15	7.7	5	222.1	144.36	0.275	103.2 1	0.2	2.85	90.8 18	80.252	10.6	9.89



**Tabla 3.2- e. RESULTADOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO:
CAPTACIONES**

Fecha.	Muestra	Procedencia	C. Totales NMP (LST)	C. Termorresistentes NMP (E.C.)	Cloro residual ppm
12/7/2009	1	Captación Mama-Llipis	900	300	0
1/4/2010	2	Captación Galuay	>1600	900	0
1/27/2010	3	Captación Mama-Llipis	>1600	500	0
1/27/2010	4	Captación Galuay	>1600	900	0

**Tabla 3.2-f. RESULTADOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO:
RESERVAS**

Fecha.	Muestra	Procedencia	C. Totales NMP (LST)	C. Termorresistentes NMP (E.C.)	Cloro residual ppm
11/16/2009	1	Reserva 1	<2,2	<2,2	0.6
11/19/2009	2	Reserva 3	<2,2	<2,2	0.5
11/25/2009	3	Reserva 2	<2,2	<2,2	0.7
11/25/2009	4	Reserva 4	<2,2	<2,2	0.5
12/2/2009	5	Reserva 5	<2,2	<2,2	0.2



12/2/2009	6	Reserva 7	5.1	<2,2	0.1
12/7/2009	7	Reserva 6	<2,2	<2,2	0.8
12/9/2009	8	Reserva 4	<2,2	<2,2	0.5
1/6/2010	9	Reserva 1	<2,2	<2,2	0.8
1/6/2010	10	Reserva 3	<2,2	<2,2	0.5
1/11/2010	11	Reserva 2	<2,2	<2,2	1
1/13/2010	12	Reserva 5	>16	9.2	0
1/13/2010	13	Reserva 7	>16	9.2	0
1/25/2010	14	Reserva 6	<2,2	<2,2	0.5

**Tabla 3.2-g. RESULTADOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO:
PLANTA DE TRATAMIENTO**

Fecha.	Muestra	Procedencia	C. Totales NMP (LST)	C. Termorresistentes NMP (E.C.)	Cloro residual ppm
11/16/2009	1	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	900	140	0
	2	Agua Filtrada	80	22	0

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	3	Agua de Salida	<2,2	<2,2	0.8
11/30/2009	4	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	>1600	170	0
	5	Agua Filtrada	27	14	0
	6	Agua de Salida	<2,2	<2,2	0.3
	7	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	>1600	170	0
12/7/2009	8	Agua Filtrada	26	7	0
	9	Agua de Salida	<2,2	<2,2	1
	10	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	>1600	900	0
12/14/2009	11	Agua Filtrada	140	33	0
	12	Agua de Salida	<2,2	<2,2	1.5
	13	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	>1600	170	0
1/11/2010	14	Agua Filtrada	140	22	0
	15	Agua de Salida	<2,2	<2,2	1
	16	Agua de ingreso-Planta de Tratamiento	>1600	170	0
1/27/2010	17	Agua Filtrada	500	40	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	18	Agua de Salida	<2,2	<2,2	0.5
--	----	----------------	------	------	-----

102

Mónica Matute.
Julio Sarmiento.
Sonia Valdez.



Tabla 3.2-h. RESULTADOS DE CONTROL MICROBIOLÓGICO DE JUNTA DE AGUA POTABLE REGIONAL COJITAMBO: RED DE DISTRIBUCIÓN

Fecha	Muestra	Comunidad	Usuario	Resultado	Resultado	Cloro residual
11/16/2009	1	San José Alto.	Fmlia. Gallegos	<2,2	<2,2	0.3
11/19/2009	2	Guablincay.	Esc. 9 de Octubre	5.1	<2,2	0.4
	3	Guablincay.	Fmlia. Morales	<2,2	<2,2	0.3
	4	Llimpi.	Llimpi-Fmlia. Alvarez	>16	5.1	0.05
	5	Mururco-Azogues.	Fmlia. Rodríguez	<2,2	<2,2	0.3
	6	Pizhumaza.	Fmlia. Palaguachi	9.2	<2,2	0.5
11/23/2009	7	Pizhumaza.	Esc. Pedro Moncayo	<2,2	<2,2	0.5
	8	Cochahuaico.	Fmlia. Heras	<2,2	<2,2	0.5
	9	La Villa.	Fmlia. Tenesaca	<2,2	<2,2	0.5
	10	San José Bajo.	Fmlia. Peralta	<2,2	<2,2	0.5
11/25/2009	11	Mururco-Cojitambo.	Esc. Eulogio Astudillo	5.1	<2,2	0.1
	12	Shunshi.	Fmlia. Jara	<2,2	<2,2	0.3
	13	Uzno.	Fmlia. Parra	2.2	<2,2	0.2
	14	San Nicolás.	Esc. Semira Bayas	16	5.1	0

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	15	Angaloma.	Fmlia. Sánchez	>16	5.1	0
12/2/2009	16	La Dolorosa.	Esc. Luis Castanier	9.2	2.2	0
	17	La Dolorosa.	Fmlia. Guamán	<2,2	<2,2	0.1
	18	La Dolorosa.	(Autopista) Tienda La Tambeñita	>16	5.1	0
12/7/2009	19	San José Alto.	Fmlia. Campoverde	<2,2	<2,2	0.5
12/9/2009	20	Pillcomarca.	Fmlia. Reinoso	<2,2	<2,2	0.3
	21	Chacaloma.	Fmlia. Urgiles	<2,2	<2,2	0.3
	22	SanMiguel.	Iglesia de San Miguel.	<2,2	<2,2	0.5
	23	San Miguel.	Fmlia. Guamán	<2,2	<2,2	0.5
12/14/2009	24	Corralón.	Fmlia. Reinoso	<2,2	<2,2	1
	25	Quililic.	Fmlia. Mejía	<2,2	<2,2	0.5
12/16/2009	26	Chapte.	Fmlia. Rubio	>16	9.2	0
	27	Chapte.	Fmlia. Calle	>16	9.2	0
	28	Toray.	Fmlia. Calle	16	5.1	0
	29	San Jacinto.	Fmlia. Heras	9.2	2.2	0.1
	30	San Jacinto.	Esc. Leopoldo Cordero	<2,2	<2,2	0.3
1/4/2010	31	Cojitambo-Centro.	Esc. Maria Curie	<2,2	<2,2	1
	32	Cojitambo-Centro.	Fmlia. Toledo	<2,2	<2,2	0.8

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

	33	Uzno.	Fmlia. Bravo	5.1	<2,2	0.05
	34	Corralón.	Esc. Capitán Juan José Salinas	<2,2	<2,2	1
1/6/2010	35	Toray.	Fmlia. Guartán	<2,2	<2,2	0.5
	36	Mururco- Azogues	Fmlia. Puma	<2,2	<2,2	0.5
	37	Llimpi.	Fmlia. Sacoto	<2,2	<2,2	0.4
1/11/2010	38	Angaloma.	Fmlia. Chicaiza	<2,2	<2,2	0.2
	39	San Nicolás.	Fmlia. Chauca	<2,2	<2,2	0.3
1/13/2010	40	La Dolorosa.	Autopista Tienda La Loma	>16	9.2	0
	41	La Dolorosa.	Panamerica Sur Fmlia. Cordero- Calle	>16	9.2	0
	42	Quililic.	Fmlia. Peralta- Peralta	9.2	2.2	0.2
1/18/2010	43	Cochahuaico.	Fmlia. Reinoso	>16	5.1	0.05
	44	Pizhumaza.	Fmlia. Dután	9.2	<2,2	0.05
	45	La Villa.	Fmlia. Tenesaca	<2,2	<2,2	0.2
	46	San Miguel.	Fmlia. Urgilés	<2,2	<2,2	0.4
	47	San Miguel.	Fmlia. Dután- Cuzco	<2,2	<2,2	0.05
	48	San José Alto.	Fmlia. Quinteros	5.1	<2,2	0.4
	49	San José Alto.	Fmlia. Calle	<2,2	<2,2	0.4



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1/20/2010	50	Uzno.	Fmlia. Ordoñez-León	9.2	2.2	0.05
	51	Corralón.	Fmlia. Calle-Bravo	16	5.1	0.05
	52	Cojitambo-Centro.	Esc. Dr. Ángel Enrique Montalvo	<2,2	<2,2	0.2
	53	Pillcomarca.	Fmlia. Fajardo-Bravo	<2,2	<2,2	0.05
	54	Cojitambo-Centro.	Col. Dr. Alberto Gabriel Sánchez	<2,2	<2,2	0.2
	55	Mururco-Cojitambo.	Fmlia. Jachero-Ladaicela	<2,2	<2,2	0.1
	56	Guablinay.	Fmlia. Alvarez-Rodríguez	<2,2	<2,2	0.05
1/25/2010	57	Chapte.	Fmlia. Bravo-Campoverde	<2,2	<2,2	0.3
	58	Chacaloma.	Fmlia. Méndez-Heras	9.2	2.2	0
	59	Pillcomarca.	Fmlia. Calle-Urgilés	<2,2	<2,2	0.3
	60	Shunshi	Fmlia. Rojas-Urgilés	<2,2	<2,2	0.3
	61	Llimpi.	Fmlia. Muñoz-Romero	<2,2	<2,2	0.2
	62	Mururco-Azogues	Fmlia. Cabrera-Calle	<2,2	<2,2	0.2
1/27/2010	63	La Villa.	Fmlia. Villa	9.2	2.2	0
	64	Cojitambo-Centro.	Oficinas de Sistema	<2,2	<2,2	0.2



			Regional			
--	--	--	----------	--	--	--

3.2.1.1 Análisis general de datos de las muestras procedentes de las captaciones.

A continuación se indica la tabla correspondiente al promedio de los resultados de las muestras tomadas en las captaciones.

Los gráficos nos permitirán conocer en conjunto, la calidad físico-química del líquido que procede de las captaciones (Mamallipis y Galuay).

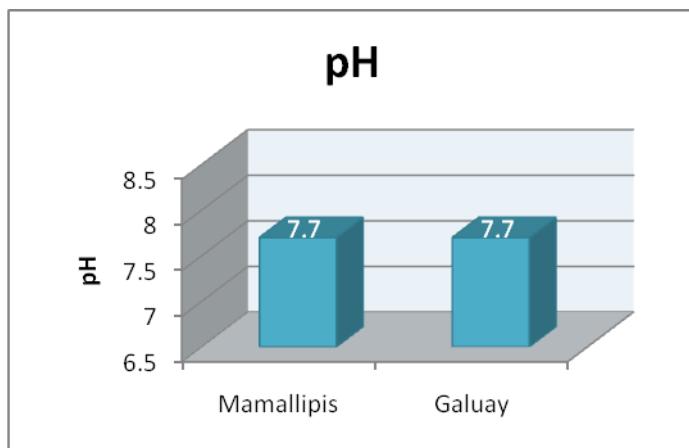


Tabla 3.2.1.1-a Cálculo Estadístico pH	
MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	7.7
Mediana	7.7
Moda	7.7
Desviación estándar	0.08164966
Varianza	0.00666667
Coeficiente de Variación	1.06038517
Rango	0.2
Mínimo	7.6
Máximo	7.8
Nivel de confianza	95%

Figura 1. pH-Captaciones.

En la gráfica es posible apreciar que el pH, es constante en ambas captaciones.

Figura 2. Color-Captaciones

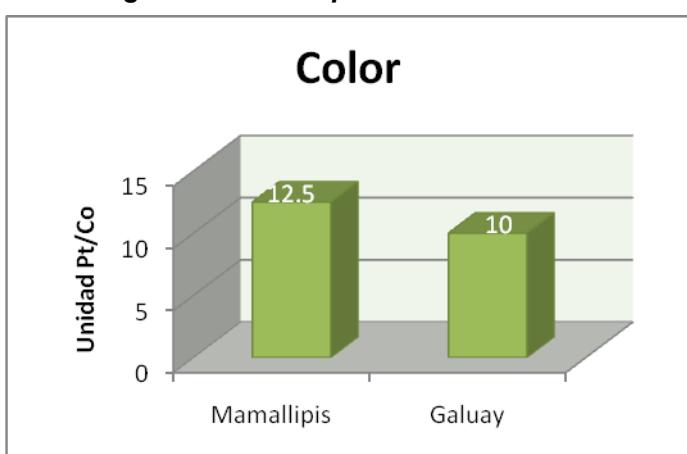


Tabla 3.2.1.1-b Cálculo Estadístico de Color	
MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	11.25
Mediana	10
Moda	10
Desviación estándar	2.5
Varianza	6.25
Coeficiente de Variación	22.222222
Rango	5
Mínimo	10
Máximo	15
Nivel de confianza	95%

La captación de Mamallipis como se observa en la gráfica presenta un valor superior en el color con respecto a la captación de Galuay.

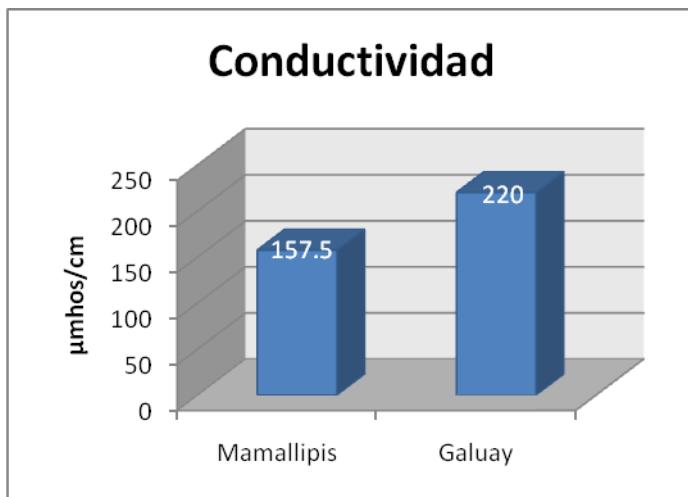


Figura 3. Conductividad-Captaciones

El valor que corresponde a la captación de Galuay para la conductividad es superior a la de Mamallipis, por tanto esto nos da una estimación de la cantidad de sales que hay disueltas en el agua.

Tabla 3.2.1.1-c	
Cálculo Estadístico de Conductividad	
MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	188.75
Mediana	185.8
Moda	#N/A
Desviación estándar	36.7108976
Varianza	1347.69
Coeficiente de Variación	19.4494822
Rango	73.6
Mínimo	155.4
Máximo	228
Nivel de confianza	95%

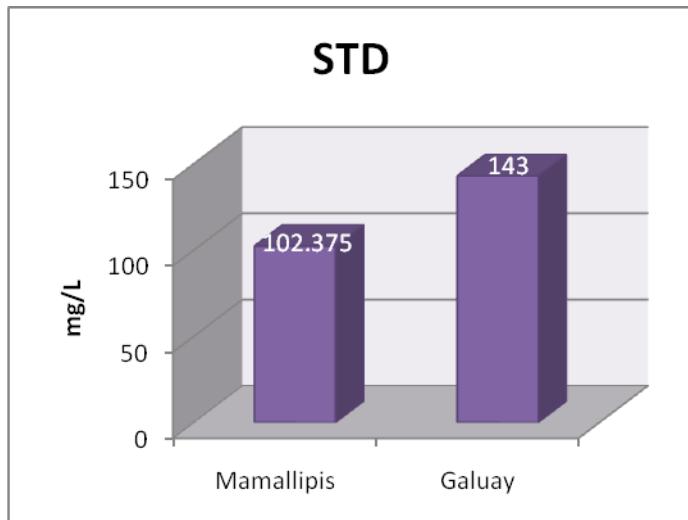


Figura 4. STD-Captaciones

Tabla 3.2.1.1-d	
Cálculo estadístico de STD	
MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	122.6875
Mediana	120.77
Moda	#N/A
Desviación estándar	23.8620834
Varianza	569.399025
Coeficiente de Variación	19.4494822
Rango	47.19
Mínimo	101.01
Máximo	148.2
Nivel de confianza	95%

La gráfica muestra un valor mayor para STD en la captación de Galuay con respecto a la de Mamallipis.

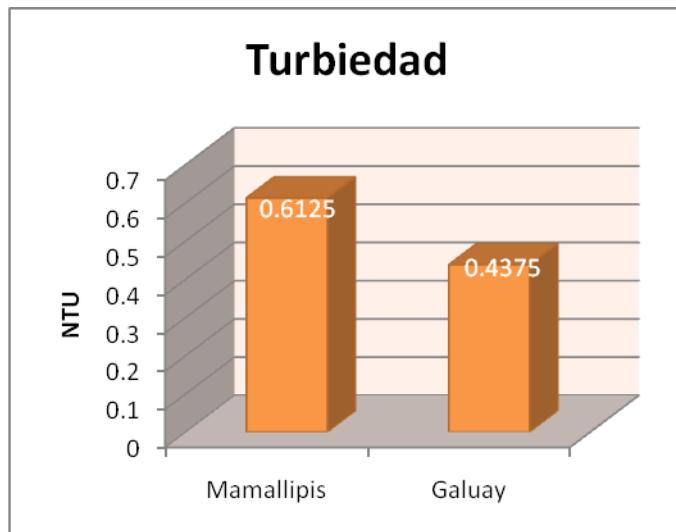


Tabla 3.2.1.1- e

Cálculo estadístico de Turbiedad

MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	0.525
Mediana	0.5625
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.15942605
Varianza	0.02541667
Coeficiente de Variación	30.3668674
Rango	0.375
Mínimo	0.3
Máximo	0.675
Nivel de confianza	95%

Figura 5. Turbiedad-Captaciones

La turbidez representada en la gráfica para ambas captaciones indica que Mamallipis presenta mayor turbidez que Galuay.

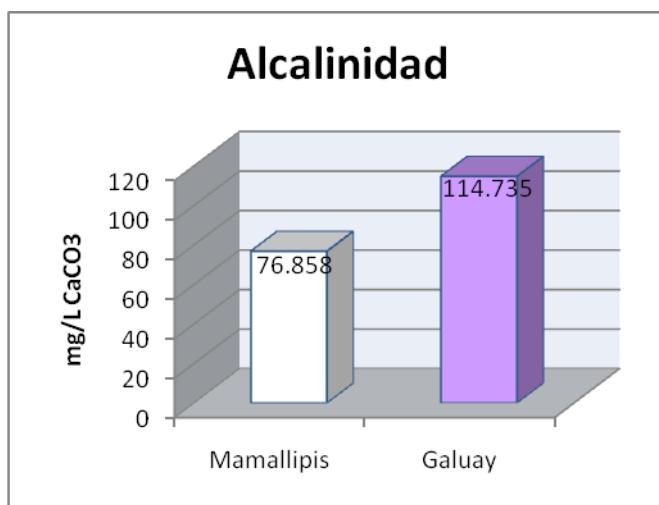


Tabla 3.2.1.1- f

Cálculo estadístico de Alcalinidad

MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	95.7965
Mediana	95.523
Moda	#N/A
Desviación estándar	22.0559862
Varianza	486.466529
Coeficiente de Variación	23.0237913
Rango	42.82
Mínimo	74.66
Máximo	117.48
Nivel de confianza	95%

Figura 6. Alcalinidad-Captaciones

En el gráfico se puede observar que la captación de Galuay tiene un valor de Alcalinidad superior que la de Mamallipis.

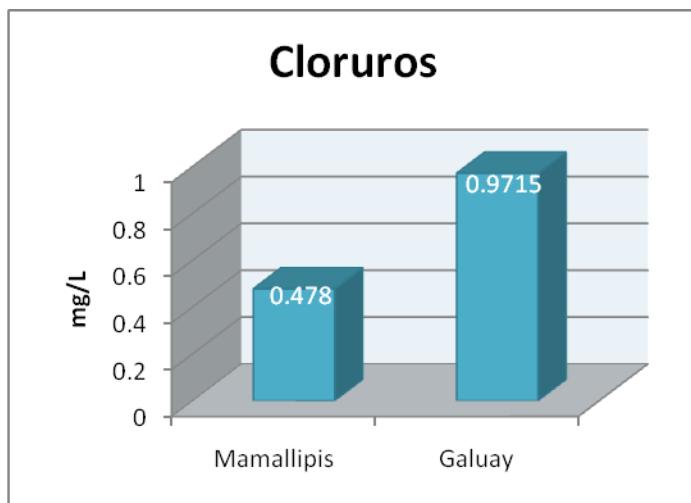


Tabla 3.2.1.1- g Cálculos estadísticos de Cloruros	
MEDIDA	VALOR
Media Aritmética	0.28499751
Mediana	#N/A
Moda	0.72475
Desviación estándar	0.08122358
Varianza	0.7285
Coeficiente de Variación	39.3235619
Rango	0.502
Mínimo	0.47
Máximo	0.972
Nivel de confianza	95%

Figura 7. Cloruros-Captaciones

El promedio de cloruros existentes en ambas captaciones se puede apreciar en la gráfica, en donde, la captación de Galuay tiene un valor superior que la de Mamallipis.

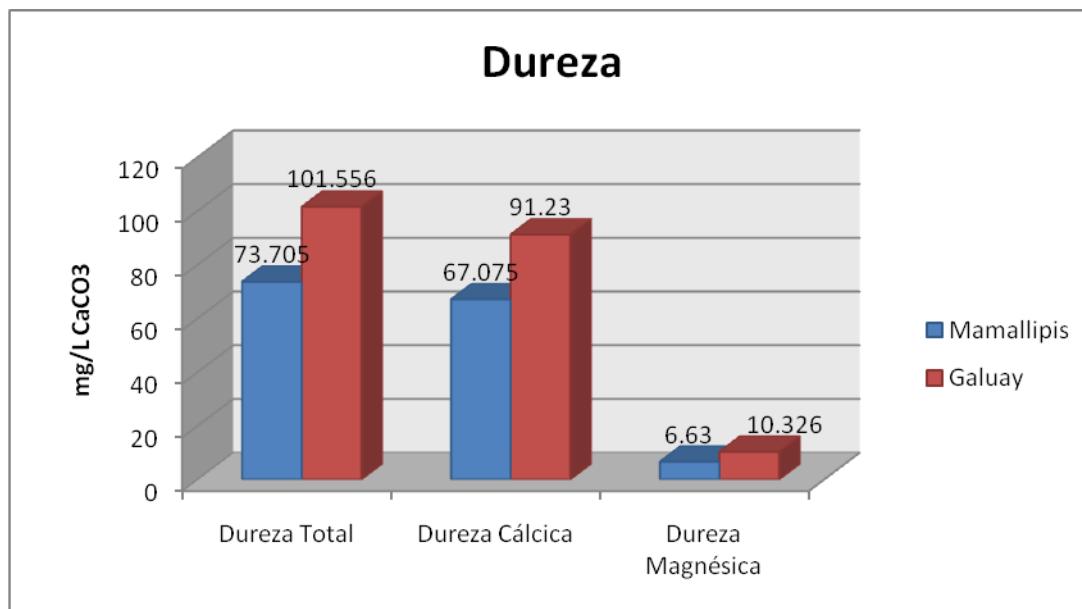


Figura 8. Dureza-Captaciones

La figura nos permite apreciar, la Dureza Total, Dureza Cálcica y Magnésica de ambas captaciones, en donde los valores de Galuay son superiores a los de Mamallipis.

MEDIDA	VALOR		
	D. Total	D. Cálcica	D. Magnésica
Media Aritmética	87.6305	79.1525	8.478
Mediana	86.326	78.058	8.271
Moda	#N/A	#N/A	#N/A
Desviación estándar	16.2366795	14.0602723	2.2
Varianza	263.629761	197.691257	4.77863733
Coeficiente de Variación	18.5285711	17.7635227	25.7844946
Rango	30.75	26.35	4.406
Mínimo	73.56	67.072	6.482
Máximo	104.31	93.422	10.888
Nivel de confianza	95%	95%	95%

3.2.1.2 Análisis general de Datos de las muestras procedentes de la Planta de Tratamiento

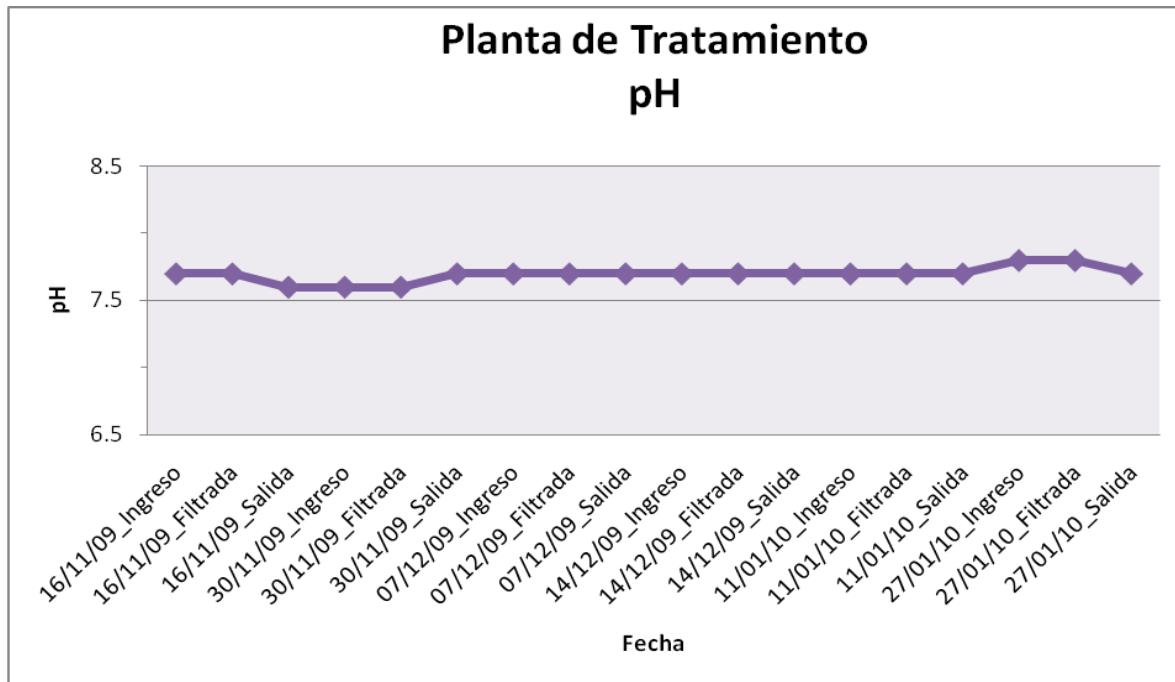


Figura 9. pH-Planta de Tratamiento

La figura nos permite apreciar los valores de pH del agua de ingreso, filtrada y salida de la planta de tratamiento, las mismas que están dentro del rango permitido por la norma INEN 1108:2006 (**pH:6.5-8.5**).

Tabla 3.2.1.2- a Cálculos estadísticos de pH: Planta de Tratamiento	
MEDIDA	VALOR
Mediana	7.7
Media	7.69444444
Moda	7.7
Desviación Estándar	0.05393048
Varianza	0.0029085
Coeficiente de Variación	0.70090155
Rango	0.2
Mínimo	7.6
Máximo	7.8
Nivel de Confianza	95%

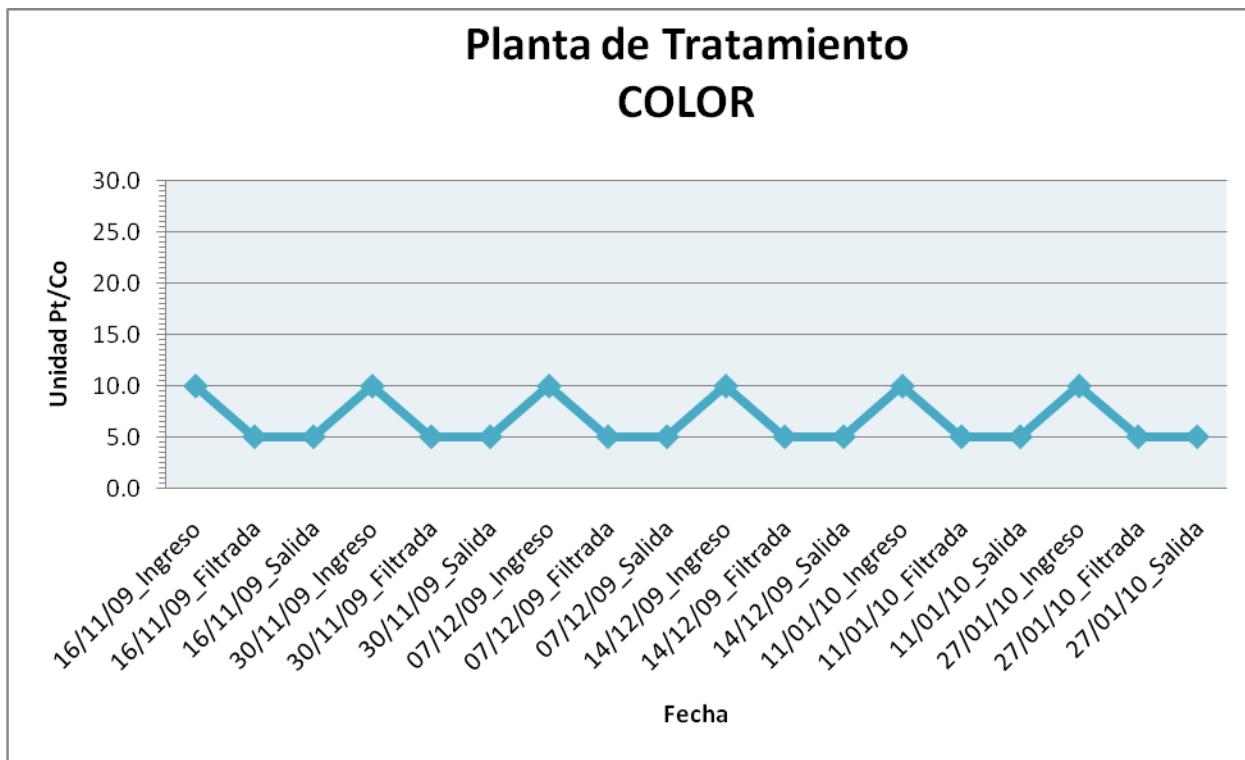


Figura 10. Color-Planta de Tratamiento

En la figura se puede apreciar el color del agua de ingreso cuyo valor es de 10 Unidad Pt/Co, posterior al proceso de filtrado se observa que el color disminuye a 5 Unidad Pt/Co y se mantiene en este valor hasta el momento de salida del líquido de la planta, por tanto este parámetro cumple con las especificaciones de la Norma INEN 1108:2006 para el color (**<15**).

Tabla 3.2.1.2- b Cálculos Estadísticos de Color: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	5
Media	6.3888889
Moda	5
Desviación Estándar	2.304443
Varianza	5.3104575
Coeficiente de Variación	36.069543
Rango	5
Mínimo	5
Máximo	10
Nivel de Confianza	95%

Planta de Tratamiento TURBIEDAD

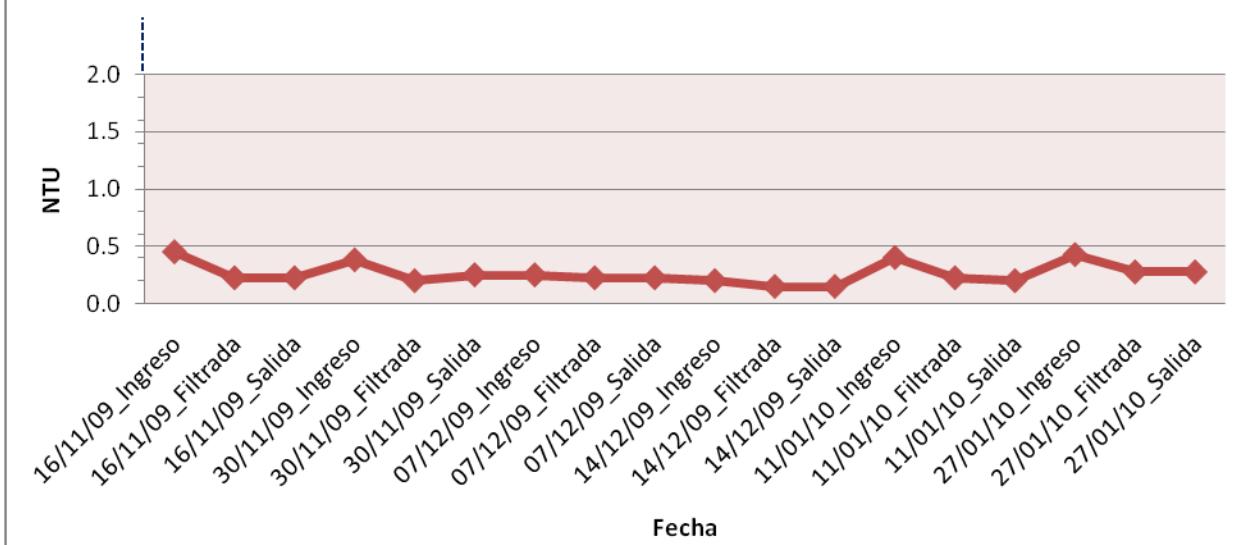


Figura 11. Turbiedad-Planta de Tratamiento

Los valores de turbiedad que se aprecian en la gráfica corresponden al agua de entrada, filtrada y salida de la planta de tratamiento; dichos valores se encuentran en límites inferiores a los señalados en la Norma INEN 1108:2006 (**<5 NTU**), por tanto cumplen con dicha especificación.

Tabla 3.2.1.2- c. Cálculos estadísticos de Turbiedad: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	198.8
Media	182.983333
Moda	175
Desviación Estándar	44.5377566
Varianza	1983.61176
Coeficiente de Variación	24.3397887
Rango	167.2
Mínimo	87.2
Máximo	254.4
Nivel de Confianza	95%

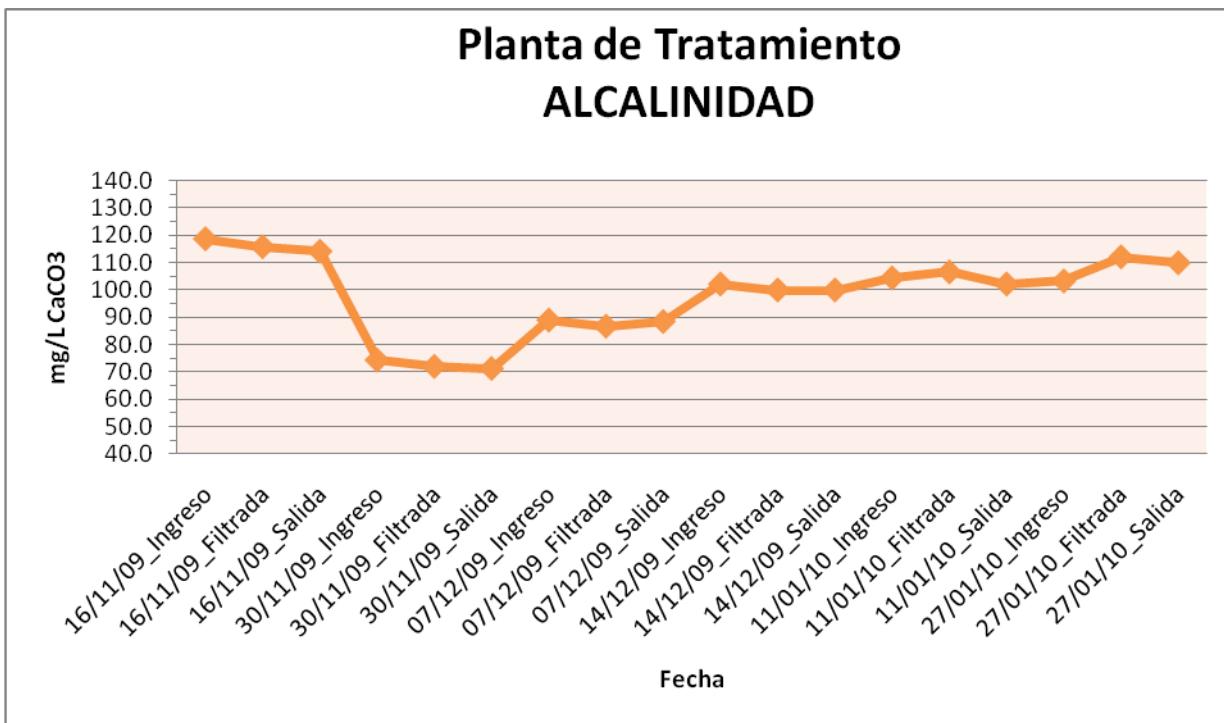


Figura 12. Alcalinidad-Planta de Tratamiento.

En esta gráfica que representa los valores de alcalinidad tanto del agua de ingreso, filtrada y salida de la planta de tratamiento, se puede apreciar que en el punto correspondiente al 30/11/09 la alcalinidad alcanza sus valores más bajos, esto debido a que la fuente de ingreso a la planta fue procedente de la captación Mamallipis.

Tabla 3.2.1.2- d. Cálculos Estadísticos de Alcalinidad: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	102.11
Media	98.3444444
Moda	102.11
Desviación Estándar	14.8553956
Varianza	220.682779
Coeficiente de Variación	15.1054752
Rango	47.23
Mínimo	71.35
Máximo	118.58
Nivel de Confianza	95%

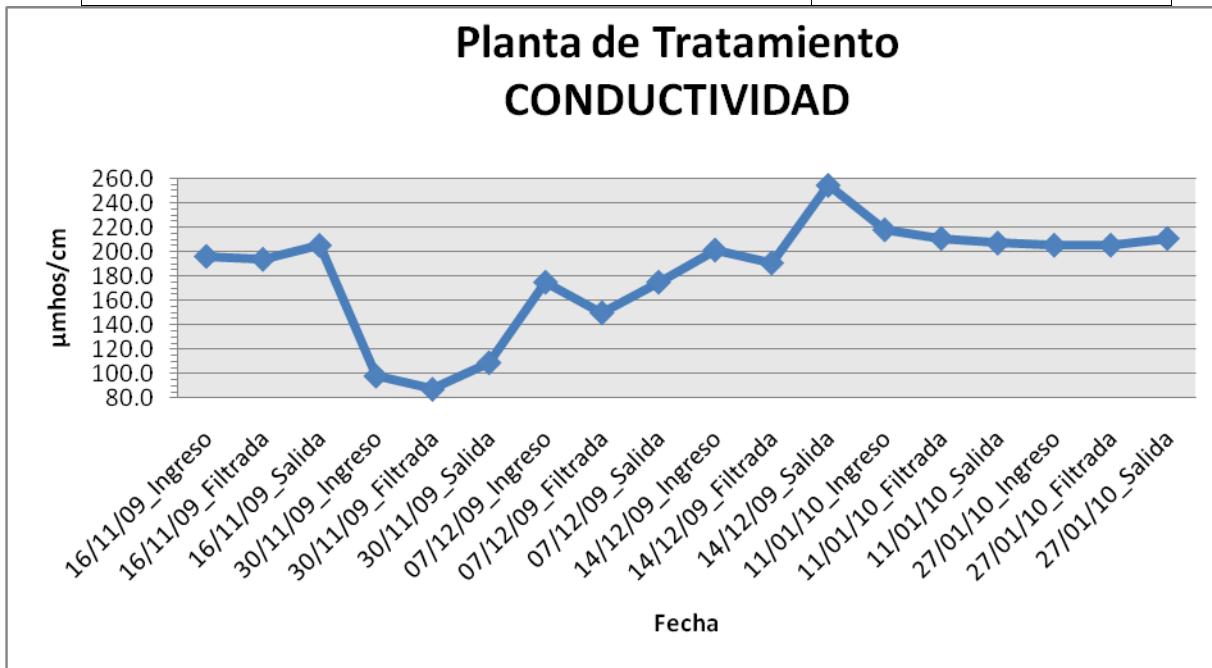


Figura 13. Conductividad-Planta de Tratamiento

La conductividad que se muestra en la gráfica corresponde al agua de ingreso, filtrado y salida de la planta de tratamiento, como se puede observar en el punto que

corresponde al día 30/11/2009, los valores descienden por debajo de los 100 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$, esto debido a que la fuente de ingreso del líquido fue únicamente la captación de Mamallipis.

Otro punto que es importante tomar en cuenta, es el del día 14/12/2009, en donde se alcanza un valor superior a los 200 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$, lo que cual se debió a un exceso de cloro en el agua de la red.

Para este parámetro la Norma INEN 1108:2006 no tiene una especificación sobre los valores límites.

Tabla 3.2.1.2- e. Cálculo Estadístico de Conductividad: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	0.225
Media	0.26277778
Moda	0.225
Desviación Estándar	0.09041119
Varianza	0.00817418
Coeficiente de Variación	34.4059491
Rango	0.3
Mínimo	0.15
Máximo	0.45
Nivel de Confianza	95%

Planta de Tratamiento STD

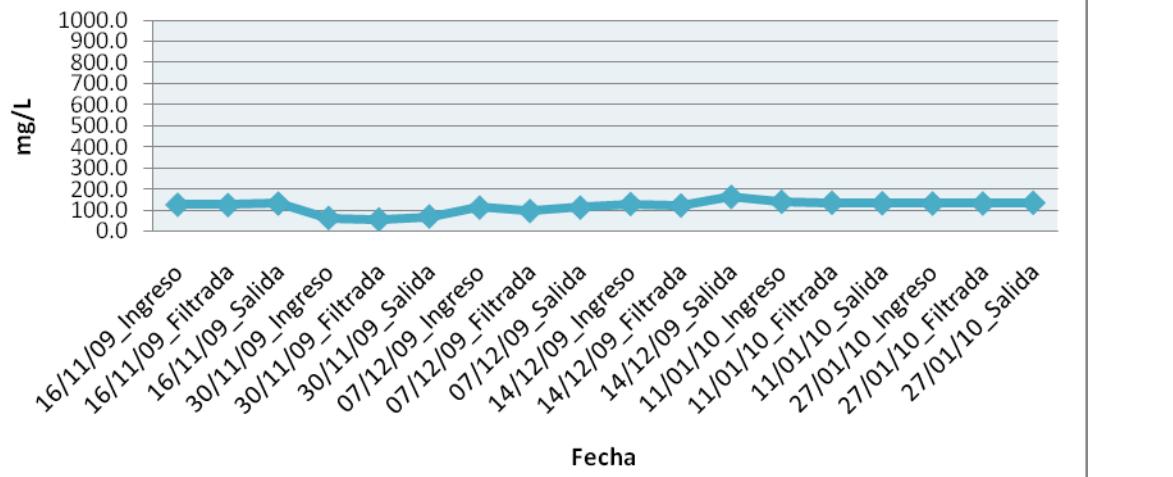


Figura 14. STD-Planta de Tratamiento.

El agua de ingreso, filtrada y salida de la planta de tratamiento, de acuerdo a la gráfica presenta valores que están dentro de los límites que recomienda la Norma INEN 1108:2006 ($<1000\text{mg/L}$). Por tanto, los STD reportados cumplen con la norma INEN para agua potable.

Tabla 3.2.1.2- f. Cálculo Estadístico de STD: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	102.11
Media	95.9933333
Moda	102.11
Desviación Estándar	22.1499112
Varianza	490.618565
Coeficiente de Variación	23.0744265
Rango	82.15
Mínimo	47.41
Máximo	129.56
Nivel de Confianza	95%

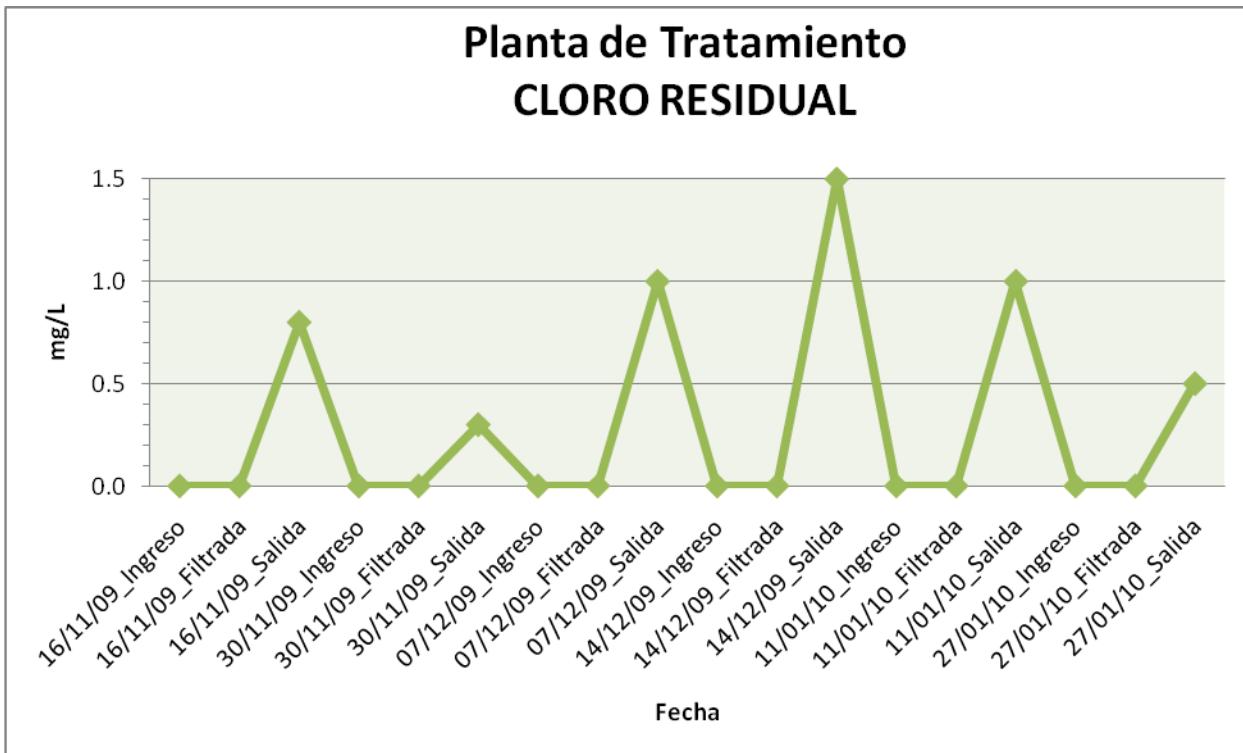
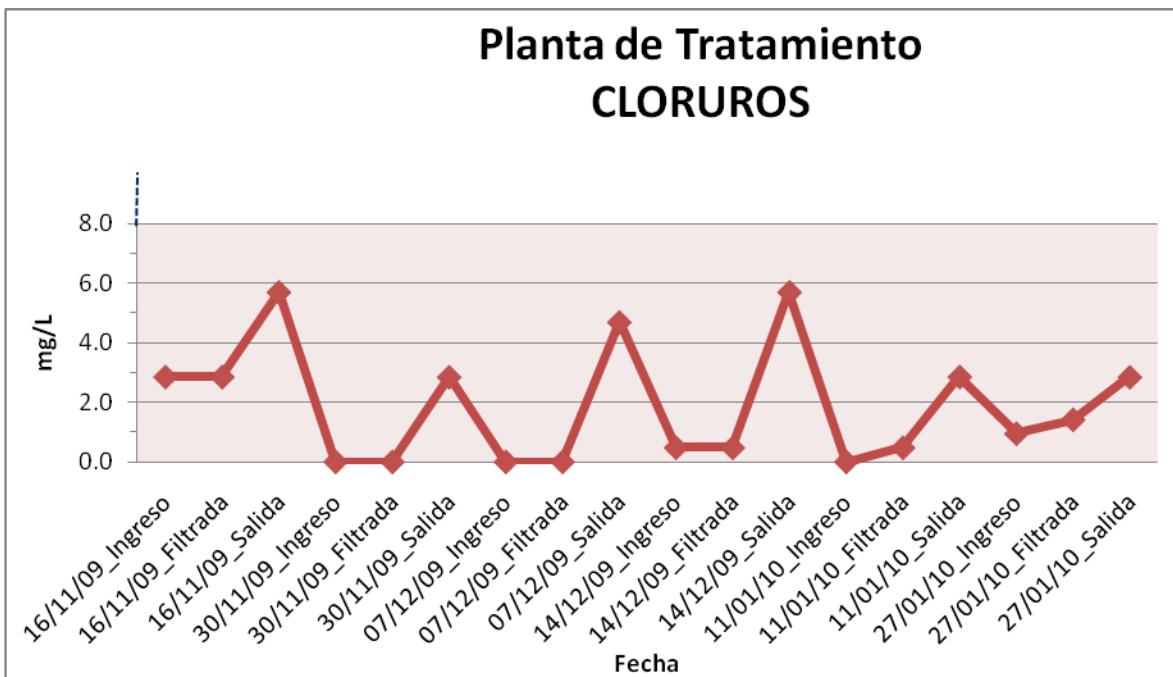


Figura 15. Cloro Residual-Planta de Tratamiento

En la gráfica se aprecia los valores de cloro residual después del proceso de tratamiento con hipoclorito de sodio, como se puede observar el punto más alto se presenta el día 14/12/2009, esto debido a que la bomba dosificadora no está calibrada para variaciones del caudal de ingreso y en dicha fecha hubo un descenso en el caudal por lo que el valor de Cloro Residual aumento considerablemente.

Tabla 3.2.1.2- g. Cálculo Estadístico de Cloro Residual: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	0
Media	0.2833333
Moda	0
Desviación Estándar	0.4718549
Varianza	0.2226471
Coeficiente de Variación	166.53703
Rango	1.5
Mínimo	0
Máximo	1.5
Nivel de Confianza	95%

**Figura 16. Cloruros-Planta de Tratamiento.**

La gráfica muestra los diferentes valores de cloruros que se hallaron en el agua de ingreso, filtrada y de salida, como se puede apreciar los valores se incrementan en el agua posterior al proceso de cloración, sin embargo pese a ello dichos valores se encuentran dentro de el índice dado por la Norma INEN 1108:2006 (<250mg/L).

Tabla 3.2.1.2- h. Cálculos Estadístico de Cloruros: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR
Mediana	1.185
Media	1.89972222
Moda	0
Desviación Estándar	1.98082677
Varianza	3.92367468
Coeficiente de Variación	104.269284
Rango	5.71
Mínimo	0
Máximo	5.71
Nivel de Confianza	95%

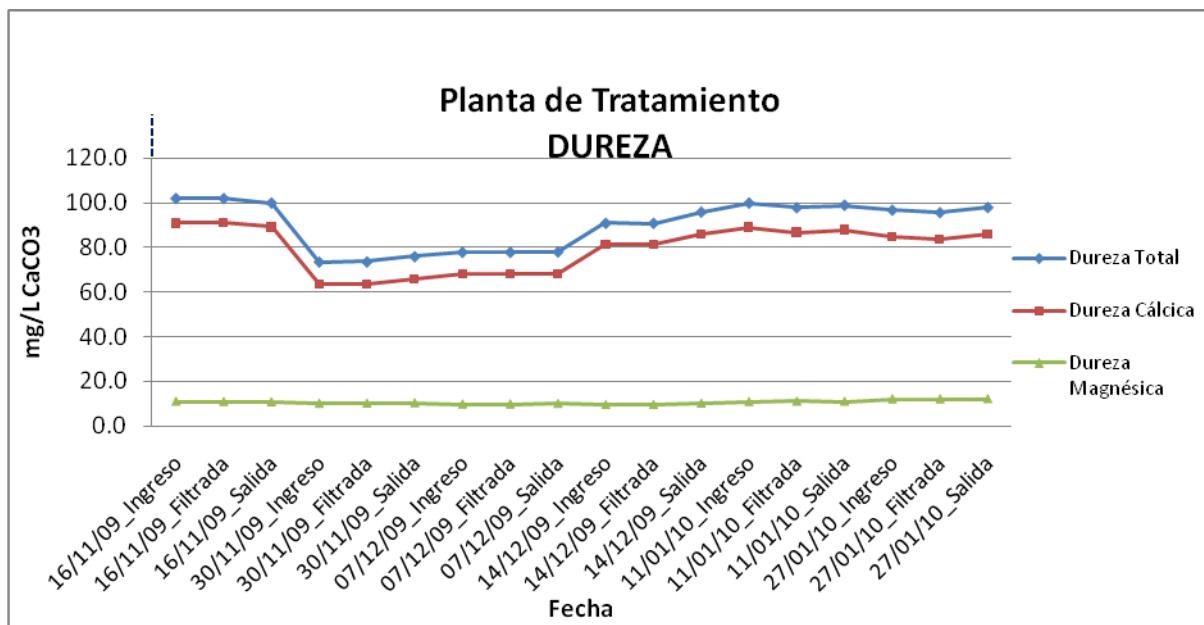


Figura 17. Dureza-Planta de Tratamiento

En el gráfico se puede apreciar la Dureza total, Dureza Cálcica y Magnésica, del agua en la planta de tratamiento, es notable que la dureza cálcica es mayor que la dureza magnésica sin embargo los valores están dentro del índice que da la Norma INEN 1108:2006, donde el valor máximo aceptable es **100mg/L**, de igual forma la Dureza total se encuentra dentro del índice dado por dicha norma, que es de **300mg/L**.

Tabla 3.2.1.2- i. Cálculos Estadísticos de Dureza: Planta de Tratamiento

MEDIDA	VALOR		
	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica
Mediana	95.66	84.092	10.453
Media	90.2212222	79.6914444	10.5297778
Moda	101.796	68.172	9.7
Desviación Estándar	10.7131892	10.2222007	0.8
Varianza	114.772422	104.493386	0.71672183
Coeficiente de Variación	11.8743561	12.8272247	8.04000114
Rango	28.236	27.42	2.614
Mínimo	73.56	63.562	9.448
Máximo	101.796	90.982	12.062
Nivel de Confianza	95%	95%	95%

3.2.1.3 Análisis general de datos de las muestras procedentes de las Reservas y Red de Distribución.

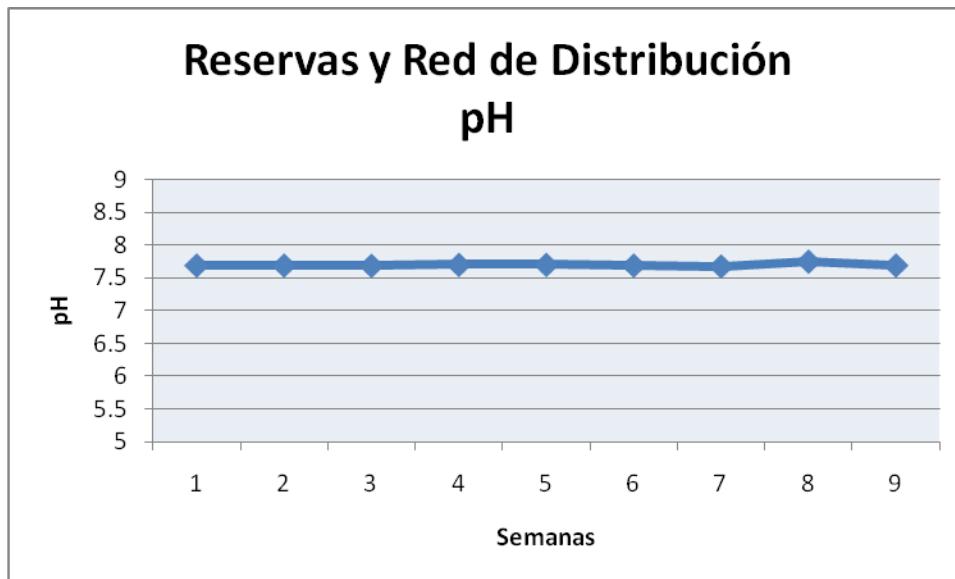


Figura 18. pH- Reservas y Red de Distribución

En el gráfico se muestra el promedio del pH, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, como se aprecia el valor es constante, y está dentro del rango dado por la norma INEN 1108:2006 (**6.5 -8.5**), por tanto cumple con dicha especificación para agua potable.

Tabla 3.2.1.3- a. Cálculos Estadísticos de pH: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	7.7
Media	7.7
Moda	7.7
Desviación Estándar	0.04834938
Varianza	0.00233766
Coeficiente de Variación	0.627914
Rango	0.2
Mínimo	7.6
Máximo	7.8
Nivel de Confianza	95%

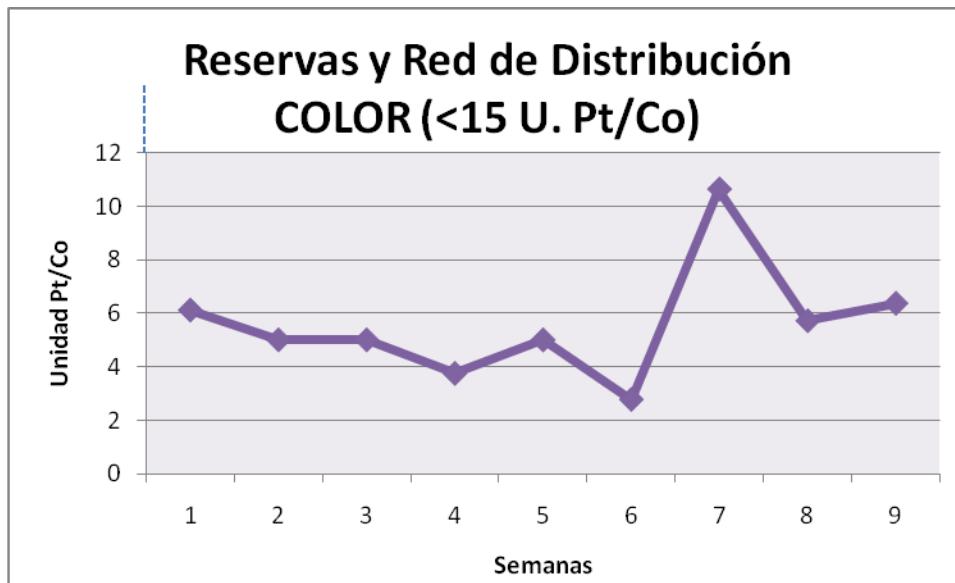


Figura 19. Color- Reservas y Red de Distribución

En el gráfico se muestra el promedio del Color, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, como se aprecia en la séptima semana existe

un aumento en el color, esto debido a que la reserva 5 presentó daños en su estructura y por tanto el agua almacenada mostró un cambio de color. Sin embargo, a pesar de dicho inconveniente el agua cumple con la Norma INEN 1108:2006 que permite como límite valores inferiores a los **15 U. Pt/Co**.

Tabla 3.2.1.3- b. Cálculos Estadísticos de Color: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	5
Media	5.479452055
Moda	5
Desviación Estándar	3.742064155
Varianza	14.00304414
Coeficiente de Variación	68.29267083
Rango	30
Mínimo	0
Máximo	30
Nivel de Confianza	95%

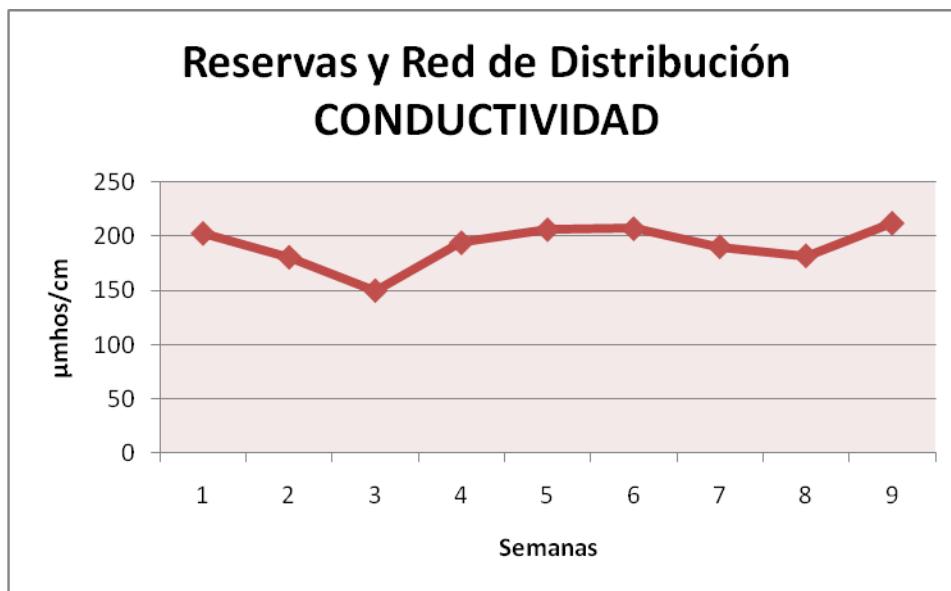


Figura 20. Conductividad-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de la Conductividad, de las Reservas y de la Red de Distribución de un lapso de 9 semanas, los valores que se observan son

inconstantes, en la tercera semana disminuye debido a que se utilizó como fuente de agua únicamente la captación de Mamallipis.

Tabla 3.2.1.3- c. Cálculos Estadísticos de Conductividad: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	201.4
Media	192.4537179
Moda	207.1
Desviación Estándar	25.59774605
Varianza	655.2446029
Coeficiente de Variación	13.30072826
Rango	113.1
Mínimo	109
Máximo	222.1
Nivel de Confianza	95%

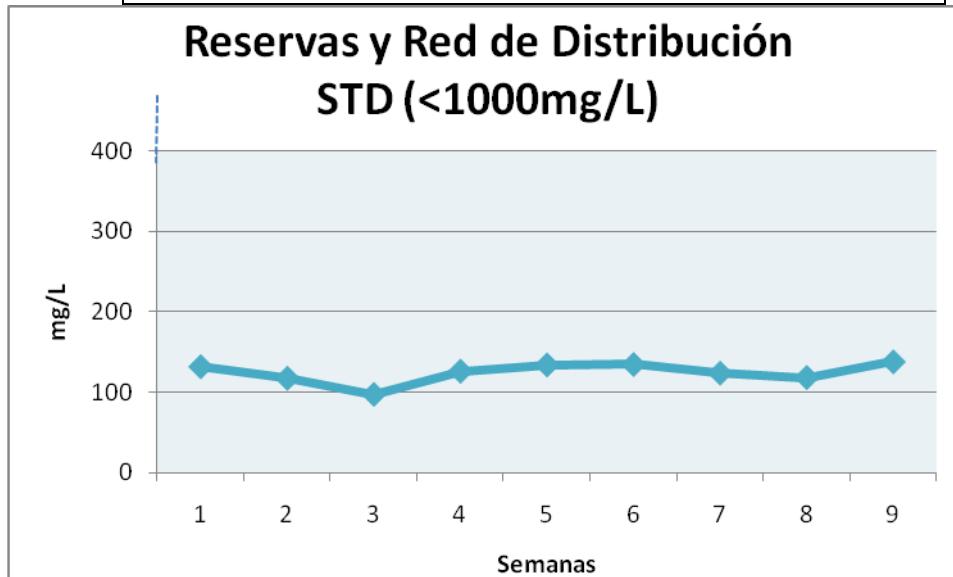


Figura 21. STD-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Sólidos totales disueltos, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, como se aprecia los valores se

mantienen constantes en un rango de 100-200mg/L. por ello este parámetro cumple con la especificación de la INEN 1108:2006 que permite hasta **1000mg/L**.

Tabla 3.2.1.3- d. Cálculos Estadísticos de STD: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	130.91
Media	125.0949167
Moda	134.615
Desviación Estándar	16.63853493
Varianza	276.8408447
Coeficiente de Variación	13.30072826
Rango	73.515
Mínimo	70.85
Máximo	144.365
Nivel de Confianza	95%

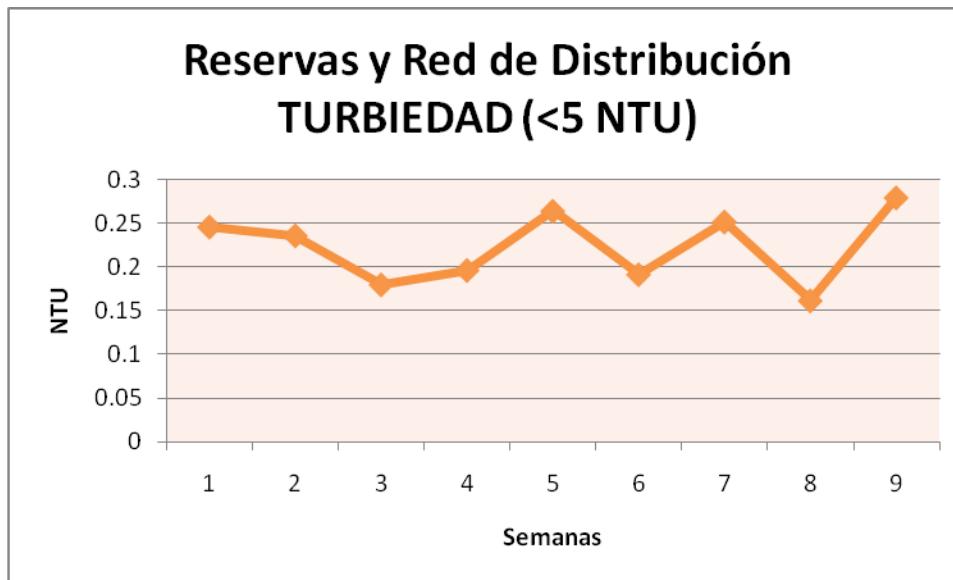


Figura 22. Turbiedad-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Turbiedad, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, el valor dado por la INEN 1108:2006 es <5

NTU; los puntos que se aprecian están debajo de ese límite y por tanto el agua cumple con dicha especificación.

**Tabla 3.2.1.3- e. Cálculos Estadísticos de Turbiedad:
Reservas y Red de Distribución**

MEDIDA	VALOR
Mediana	0.2
Media	0.206474359
Moda	0.15
Desviación Estándar	0.069390243
Varianza	0.004815006
Coeficiente de Variación	33.60719625
Rango	0.425
Mínimo	0.125
Máximo	0.55
Nivel de Confianza	95%

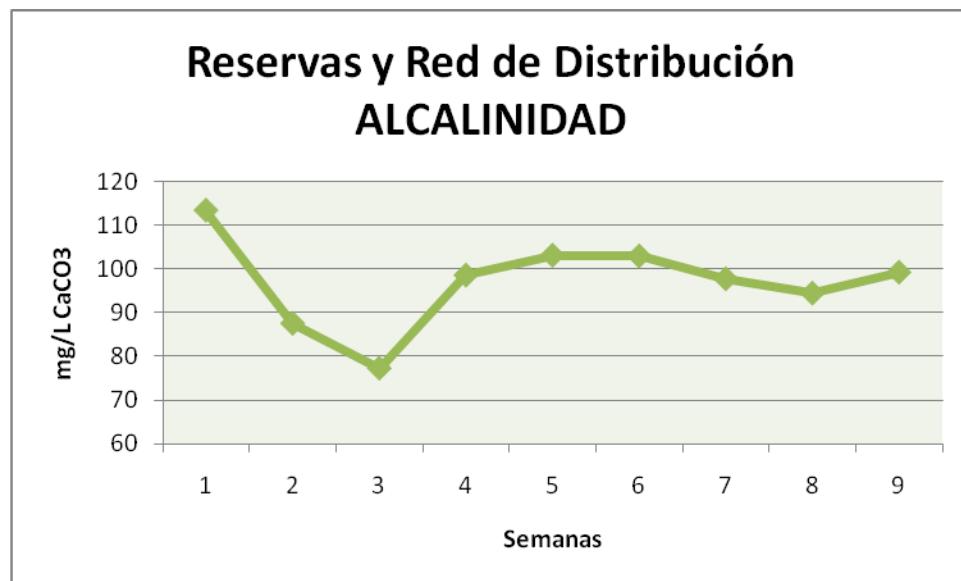


Figura 23. Alcalinidad-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Alcalinidad, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, como se puede apreciar el valor más bajo se presenta en la tercera semana esto debido a que la fuente de agua

fue únicamente de la captación de Mamallipis. La INEN no especifica un valor determinado para dicho parámetro.

Tabla 3.2.1.3- f. Cálculos Estadísticos de Alcalinidad: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	98.82
Media	97.0154359
Moda	102.11
Desviación Estándar	11.37786162
Varianza	129.4557351
Coeficiente de Variación	11.72788795
Rango	50.504
Mínimo	68.076
Máximo	118.58

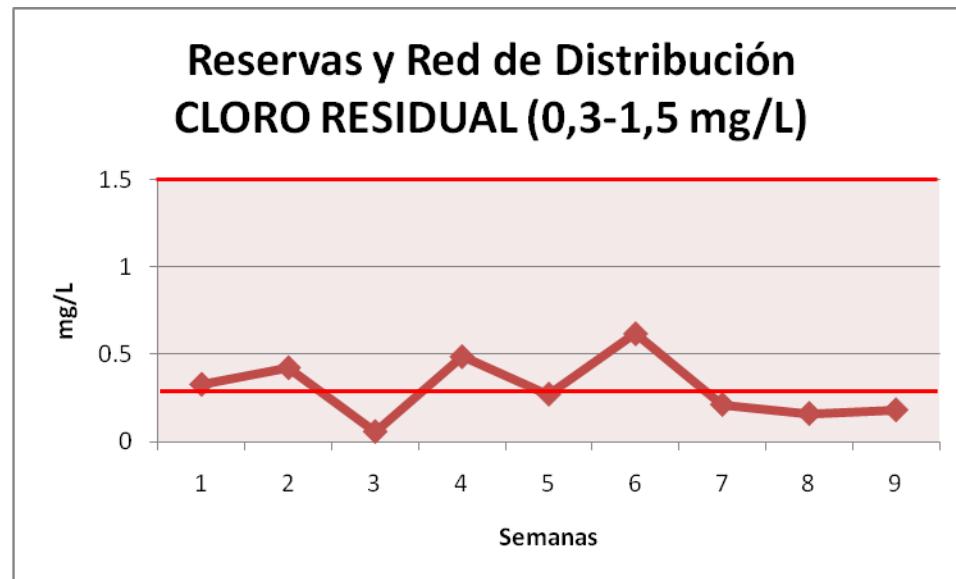


Figura 24. Cloro Residual-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Cloro Residual, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, la INEN 1108:2006 da un rango de 0.3 – 1.5 mg/L. como se puede apreciar, en la tercera semana el valor de Cloro residual es

0mg/L, esto debido a que por la época de estiaje los niveles de caudal del agua de ingreso descendieron, por ello no se realizó cloración, y por tanto este requisito que se exige para agua potable no cumple.

Tabla 3.2.1.3- g. Cálculos Estadísticos de Cloro Residual: Reservas y Red de Distribución	
MEDIDA	VALOR
Mediana	0.3
Media	0.307051282
Moda	0.5
Desviación Estándar	0.271566447
Varianza	0.073748335
Coeficiente de Variación	88.44335218
Rango	1
Mínimo	0
Máximo	1

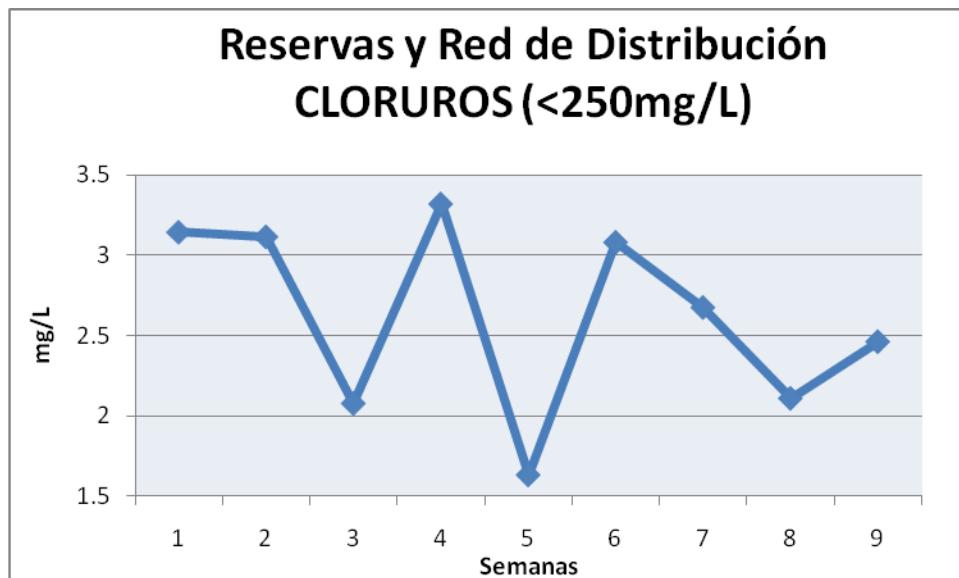
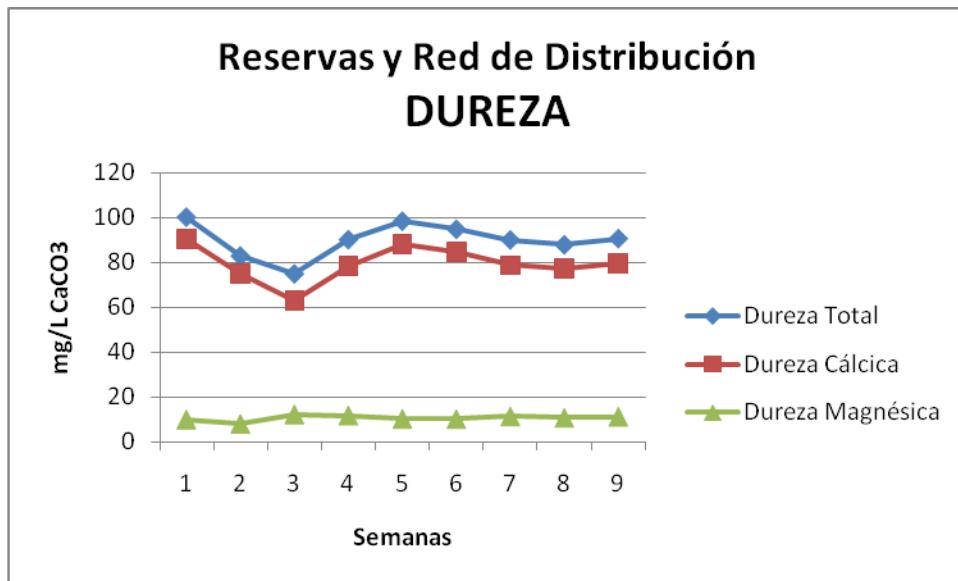


Figura 25. Cloruros-Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Cloruros, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, como se puede apreciar los valores son mínimos, pero están dentro de lo que exige la Norma INEN 1108:2006 para Cloruros <250mg/L.

Tabla 3.2.1.3- h. Cálculos Estadísticos de Cloruros: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR
Mediana	2.85
Media	2.70417949
Moda	2.85
Desviación Estándar	1.16782329
Varianza	1.36381124
Coeficiente de Variación	43.1858646
Rango	5.71
Mínimo	0
Máximo	5.71
Nivel de Confianza	95%


Figura 26. Dureza- Reservas y Red de Distribución.

En el gráfico se muestra el promedio de Dureza total, Dureza Cálcica y Dureza magnésica, durante 9 semanas, tanto en las reservas como en la red de distribución, se puede observar que los valores están dentro del rango que exige la INEN 1108:2006 tanto para Dureza total ($<300\text{mg/L}$), como para Dureza Cálcica ($\leq 100\text{mg/L}$).



Tabla 3.2.1.3- i. Cálculos Estadísticos de Dureza: Reservas y Red de Distribución

MEDIDA	VALOR		
	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica
M	91.314	80.252	10.566
Media	89.96715385	79.41803846	10.52
Moda	99.8	87.932	9.872
Desviación Estándar	9.063202814	9.291952114	1.509468815
Varianza	82.14164525	86.34037409	2.278496104
Coeficiente de Variación	10.07390189	11.7000524	14.34856288
Rango	35.92	37.03	7.774
Mínimo	69.86	59.372	5.978
Máximo	105.78	96.402	13.752
Nivel de Confianza	95%	95%	95%

Resultados de Nitritos en diferentes puntos de la Junta Regional Cojitambo (<100 μ g/L)

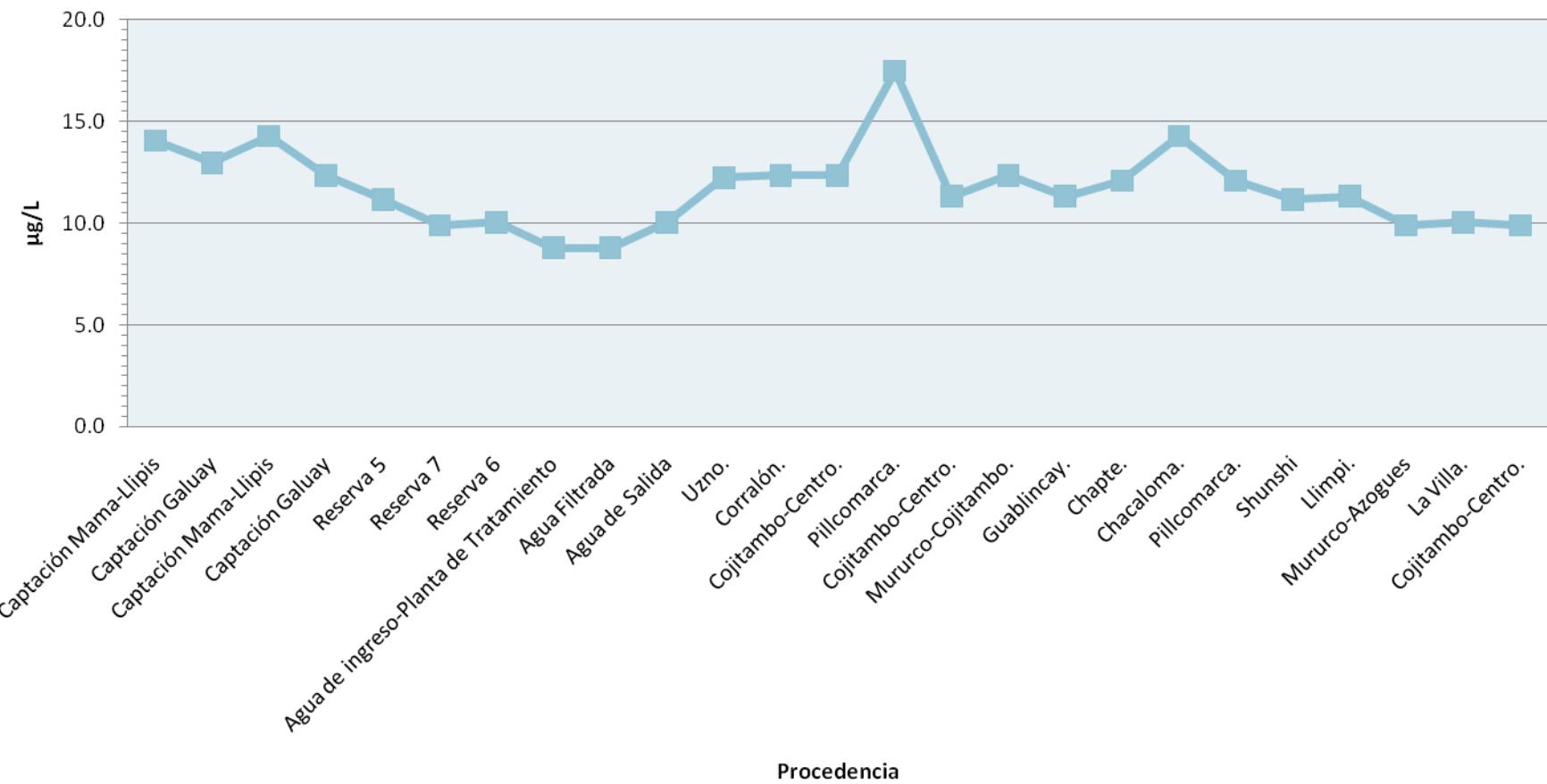


Figura 27. Nitritos- Diferentes puntos de la Junta Regional Cojitambo

Los resultados que se pueden apreciar en el gráfico, nos permiten tener una estimación de la cantidad de nitritos en 25 muestras que han sido tomadas en diferentes puntos de la Junta de agua Potable Regional Cojitambo.

En las muestras analizadas se encontraron valores mínimos que se los ha expresado en $\mu\text{g/L}$ para una mejor evaluación; dichos valores se los considera como vestigios, sin embargo, su presencia permite concluir que este parámetro no cumple con la especificación de la norma INEN 1108:2006 que da un valor de 0mg/L de nitritos para agua potable.

Tabla 3.2.1.3- j. Cálculos Estadísticos de Nitritos	
MEDIDA	VALOR
Mediana	11.32
Media	11.706
Moda	12.35
Desviación Estándar	1.96306521
Varianza	3.853625
Coeficiente de Variación	16.7697352
Rango	8.71
Mínimo	8.79
Máximo	17.5



3.2.2 ANÁLISIS DE DATOS DEL CONTROL MICROBIOLÓGICO.

Para el análisis de datos, se ha clasificado en agua no tratada (captaciones, agua de ingreso y filtrada de la planta de tratamiento), y en agua tratada que corresponde al líquido que sale de la planta, reservas y red de distribución.

3.2.2.1 Análisis general de datos de las muestras procedentes de las captaciones.

A continuación se muestra la tabla correspondiente de los resultados de las muestras tomadas en las captaciones y su índice de contaminación con Coliformes totales.

Tabla 3.2.2.1-a Resultados Coliformes Totales de la Captaciones

Procedencia	NMP/100ml
Captación Mamallipis	900
Captación Galuay	>1600
Captación Mamallipis	>1600
Captación Galuay	>1600

Con la tabla 3.2.2.1-a se obtiene la figura 28, que brinda una idea general de la contaminación por Coliformes totales en el agua procedente de las captaciones.

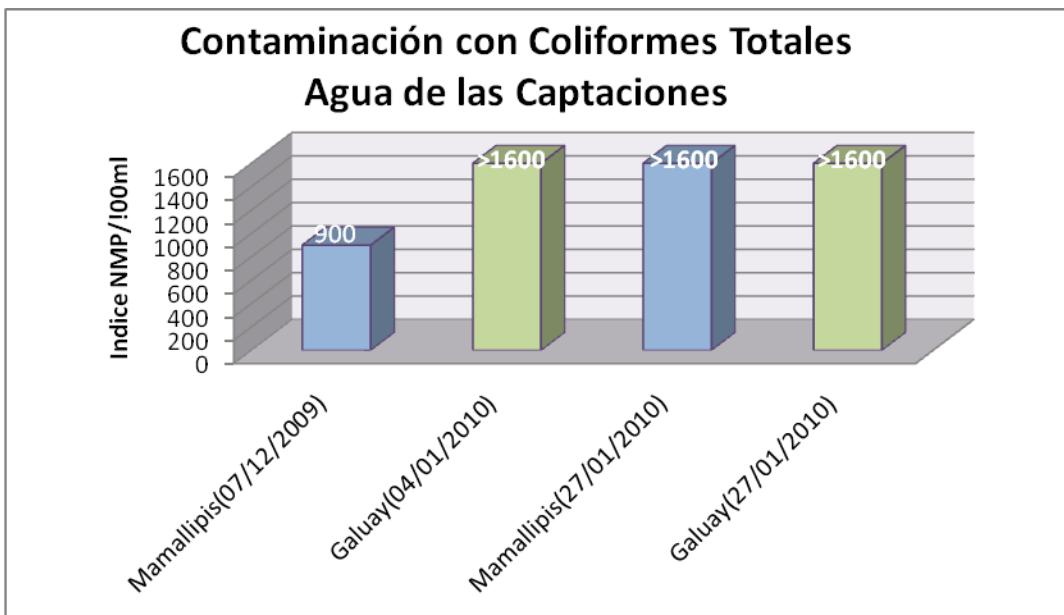


Figura 28. Contaminación con Coliformes totales en Agua de la Captaciones

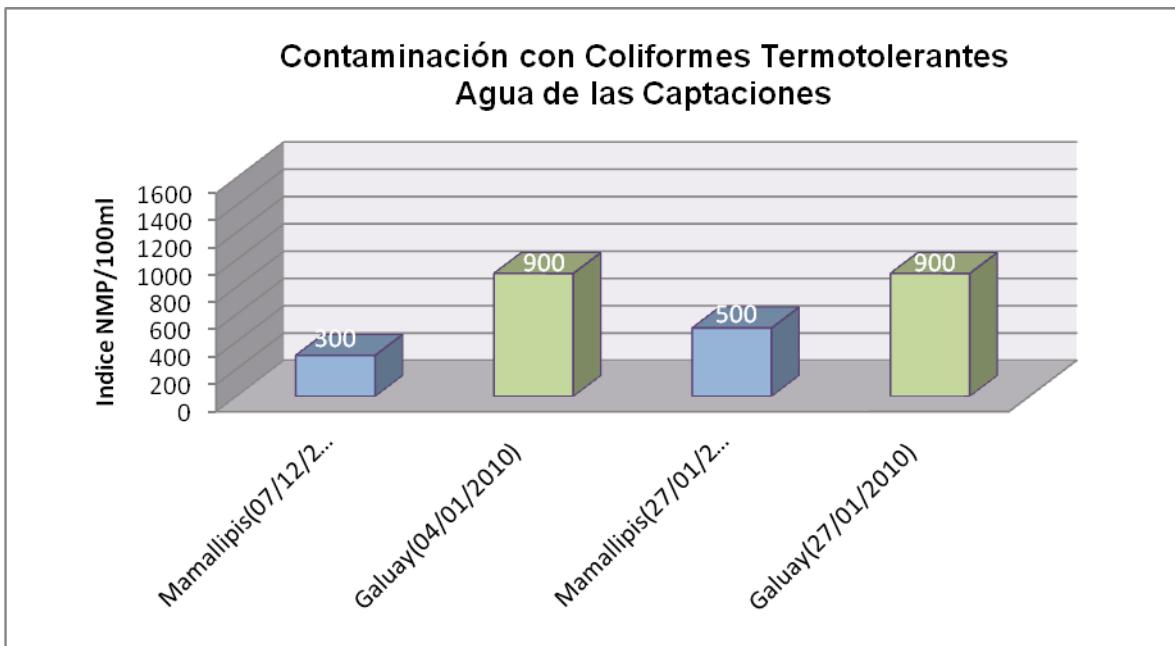
La figura 28, muestra el índice de contaminación que presenta el agua cruda procedente de las captaciones, en donde se observa los diferentes índices NMP/100ml de cada una de las muestras, el valor del índice NMP/100ml representado en la primera barra con un valor numérico de 900, es el que presenta menor contaminación de las cuatro muestras tomadas.

De manera similar la tabla 3.2.2.1-b, recopila los datos obtenidos de los índices NMP/100ml para Coliformes termotolerantes.

Tabla 3.2.2. 1-b Resultados de Coliformes termotolerantes de las captaciones.

Procedencia	NMP/100ml
Captación Mamallipis	300
Captación Galuay	900
Captación Mamallipis	500
Captación Galuay	900

Con los datos de la tabla 3.2.2.1-b obtenemos la **figura 29.**



Como se muestra en la figura 29 los valores de los índices NMP/100ml para Coliformes termotolerantes son menores para el agua procedente de la Captación de Mamallipis con índices NMP de 300 y 500.

3.2.2.2 Análisis general de datos de las muestras procedentes del agua de ingreso y del agua filtrada de la planta de tratamiento.

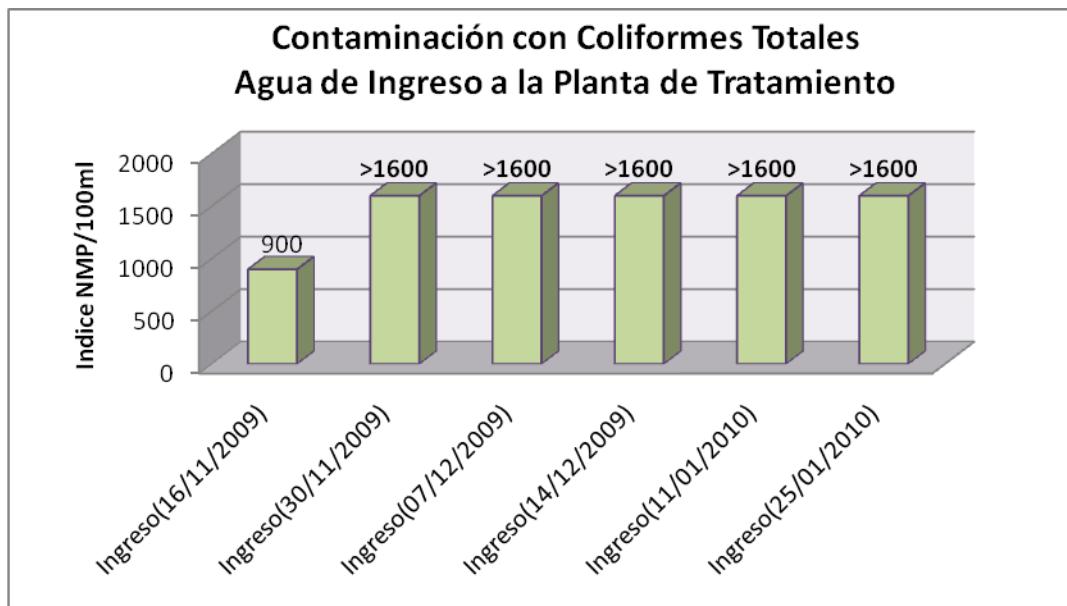
Los datos que a continuación se presentan nos ofrecen una idea general de la calidad microbiológica del agua que ingresa a la planta de tratamiento y la calidad del líquido una vez que ha sido sometido a un proceso de filtración a través de las unidades de filtración lenta.

Con los resultados de estos datos, se puede hacer una valoración general del estado de maduración del filtro, representado por el porcentaje de remoción de material biológico. La tabla 3.2.2.2-a nos da información sobre la contaminación con Coliformes Totales en el agua de ingreso a la planta de tratamiento.

Tabla 3.2.2.2-a Resultados de Coliformes Totales en Agua de Ingreso

Procedencia.	NMP/100ml
Ingreso(16/11/2009)	900
Ingreso(30/11/2009)	>1600
Ingreso(07/12/2009)	>1600
Ingreso(14/12/2009)	>1600
Ingreso(11/01/2010)	>1600
Ingreso(25/01/2010)	>1600

En la figura 30 se muestra los datos de la tabla 3.2.2.2-a.

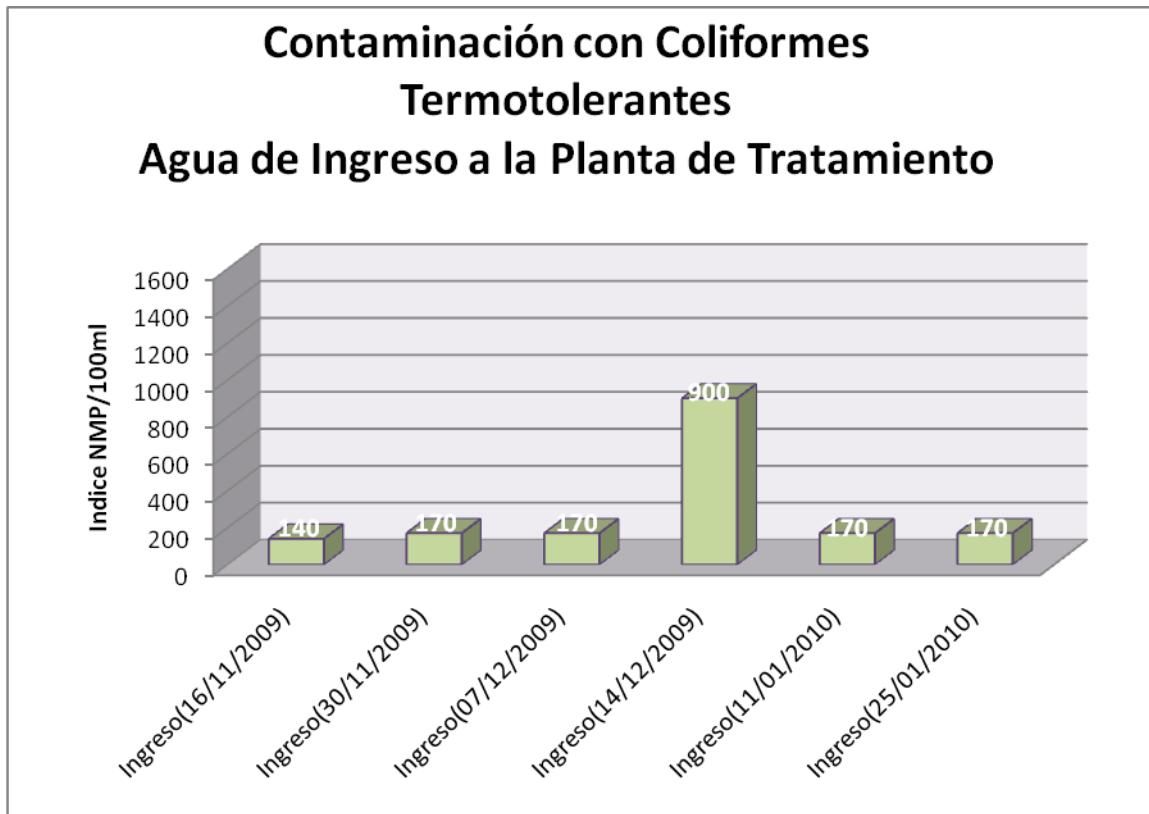


El gráfico ilustra la contaminación que presenta el agua que ingresa a la planta de tratamiento, las barras con índices NMP >1600 representan el mayor grado de contaminación.

Tabla 3.2.2.2-b Contaminación con Coliformes termotolerantes en el agua de ingreso a la planta de tratamiento.

Procedencia	NMP/100ml
Ingreso(16/11/2009)	140
Ingreso(30/11/2009)	170
Ingreso(07/12/2009)	170
Ingreso(14/12/2009)	900
Ingreso(11/01/2010)	170
Ingreso(25/01/2010)	170

Figura 31. Coliformes termotolerantes en el agua de ingreso a la planta de tratamiento.



La figura 31, representa los índices de contaminación del agua de ingreso, donde se observa que la contaminación presenta similitud en los diferentes días en los que se tomó las muestras excepto el día 14 de diciembre en donde la contaminación con Coliformes termotolerantes es superior.

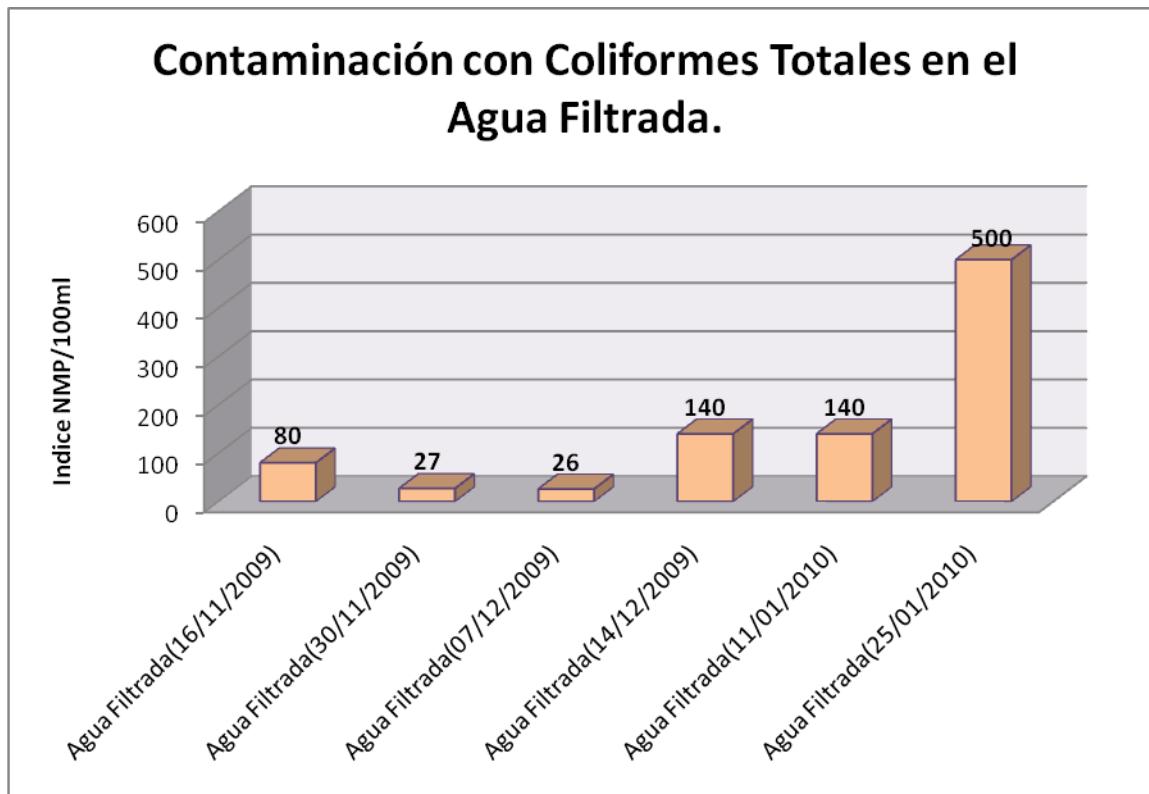
A continuación se analizan los resultados de las muestras luego del proceso de filtración, en la tabla 3.2.2.2-c se muestran los Índices NMP/100ml de contaminación para Coliformes totales.

Tabla 3.2.2.2-c Resultados de Coliformes totales en agua filtrada.

Procedencia.	NMP/100ml.
Agua Filtrada(16/11/2009)	80
Agua Filtrada(30/11/2009)	27
Agua Filtrada(07/12/2009)	26
Agua Filtrada(14/12/2009)	140
Agua Filtrada(11/01/2010)	140
Agua Filtrada(25/01/2010)	500

La representación gráfica de la tabla anterior se presenta a continuación.

Figura 32. Contaminación con Coliformes Totales en el Agua Filtrada.



Como se puede observar en la figura 5, existe un proceso de remoción de material biológico en el líquido luego del proceso de filtrado, dicha remoción es menor en

la muestra del 25 de enero, debido a una escasa madurez de las unidades filtrantes.

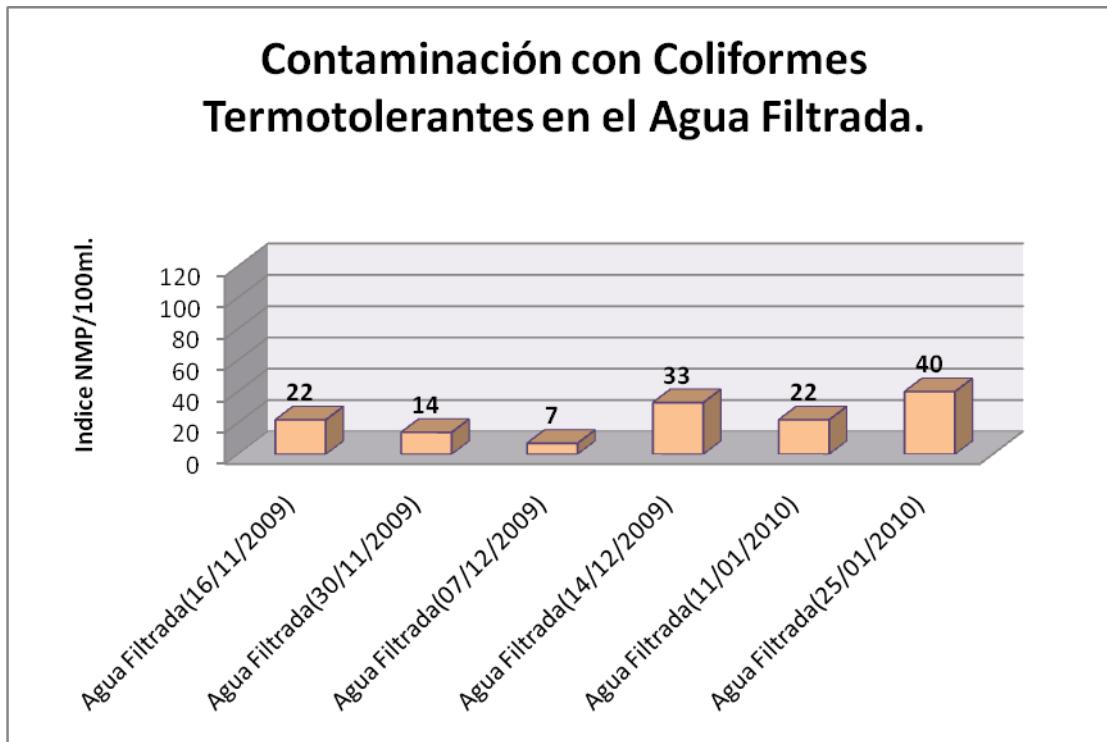
De manera similar en la tabla 3.2.2.2-d se indican los resultados de los índices de contaminación con Coliformes termotolerantes en el agua filtrada.

Tabla 3.2.2.2-d Resultados de Coliformes termotolerantes en agua filtrada.

Procedencia.	NMP/100ml
Agua Filtrada(16/11/2009)	22
Agua Filtrada(30/11/2009)	14
Agua Filtrada(07/12/2009)	7
Agua Filtrada(14/12/2009)	33
Agua Filtrada(11/01/2010)	22
Agua Filtrada(25/01/2010)	40

La representación gráfica de la tabla se muestra a continuación.

Figura 33. Contaminación con Coliformes Termotolerantes en el agua filtrada.



La gráfica 33, muestra la contaminación con Coliformes termotolerantes luego del proceso de filtración, en donde se observa también la remoción de material

biológico, de manera similar la muestra tomada en el día 25 de enero presenta una menor remoción con respecto a la contaminación del agua del ingreso.

3.2.2.3 Valoración general de la remoción de material biológico en los filtros.

Para realizar esta valoración se determinaron los índices de contaminación promedio tanto en el agua de ingreso a la planta como en el agua filtrada.

El porcentaje de remoción se determinó mediante la disminución de los índices de contaminación promedio como se muestra en las tablas siguientes.

Tabla 3.2.2.3-a Remoción de Coliformes totales en las unidades de filtración.

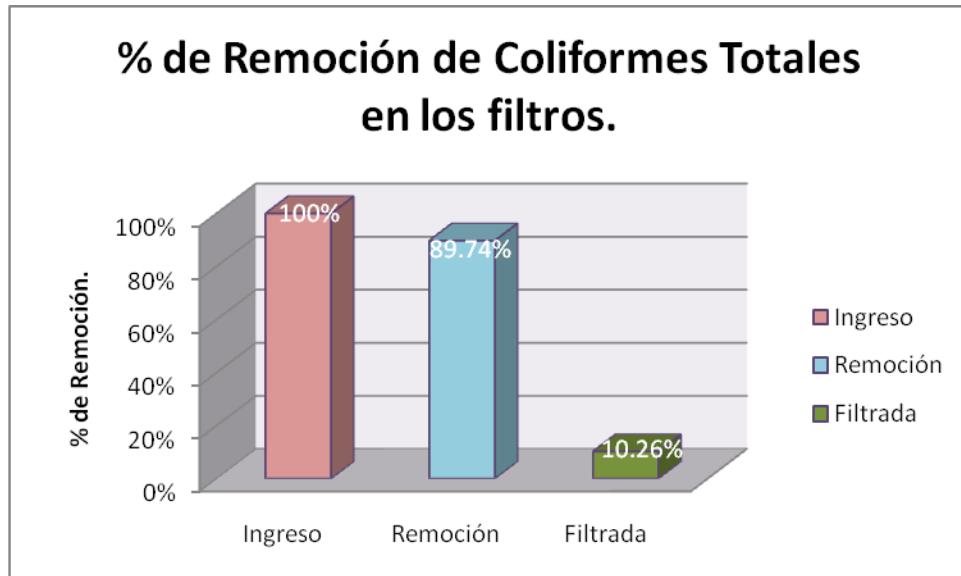
Remoción de Coliformes Totales en las unidades de filtración lenta		
	Índice NMP/100ml (promedio)	Porcentaje de Coliformes totales
Ingreso	1483,33	100%
Filtrada	152,166	10,26%
Remoción	1331,164	89,74%

Tabla 3.2.2.3-b. Remoción de Coliformes termotolerantes en las unidades de filtración.

Remoción de Coliformes Termotolerantes en las unidades de filtración lenta.		
	Índice NMP/100ml (promedio)	Porcentaje de Coliformes termotolerantes.
Ingreso	286,66	100,00%
Filtrada	23	8,02%
Remoción	263,66	91,98%

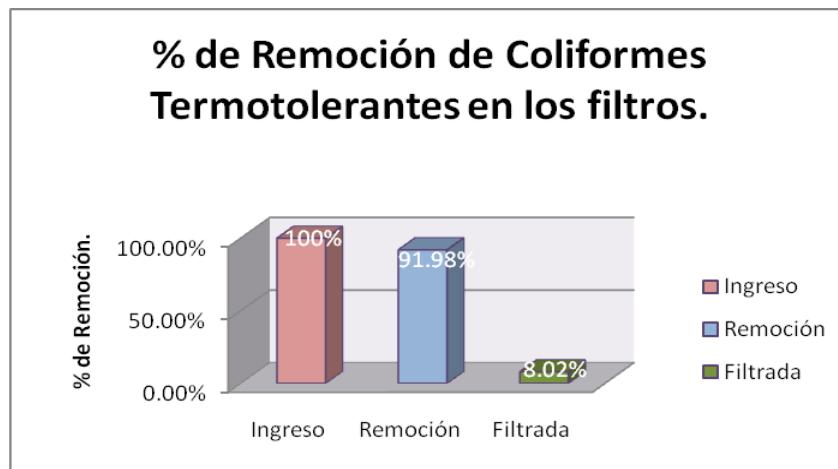
Las representaciones gráficas de las tablas 3.2.2.3-a y 3.2.2.3-b se muestran a continuación.

Figura 34. Porcentaje de remoción de Coliformes totales.



La figura 34, nos indica el porcentaje de remoción de Coliformes totales, se puede apreciar que el líquido que ingresa a los filtros presenta un índice promedio de contaminación de 1483,33NMP/100ml equivalente al 100%, posterior al proceso de filtrado se observa que el índice de contaminación disminuye hasta 152,66 equivalente al 10,26% del total; por tanto el índice de Coliformes totales retenidos en el lecho filtrante es 1331,164 NMP/100ml y representa un 89,74% de la contaminación inicial.

Figura 35. Porcentaje de remoción de Coliformes termotolerantes.



La figura 35, nos indica el porcentaje de remoción de Coliformes termotolerantes, se puede apreciar que el líquido que ingresa a los filtros presenta un índice promedio de contaminación de 286,66 NMP/100ml, equivalente al 100%, posterior al proceso de filtrado se observa que el índice de contaminación disminuye hasta 23NMP/100ml equivalente al 8,02% del total; por tanto el índice de Coliformes termotolerantes retenidos en el lecho filtrante es 263,66 NMP/100ml que representa un 91,98% de la contaminación inicial.

3.2.2.4 Análisis de datos de las muestras procedentes de la red de distribución, incluido las reservas y el agua de salida de la planta.

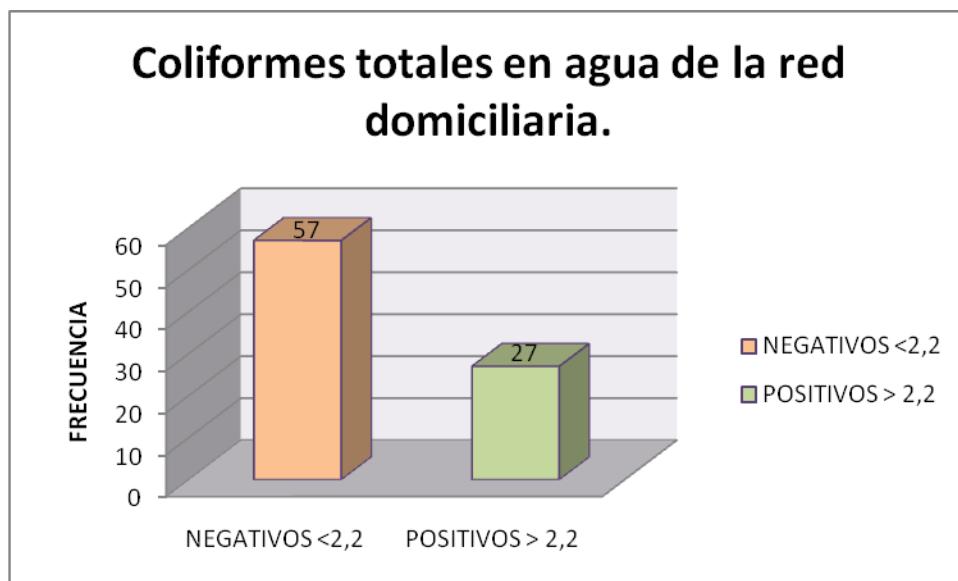
La Norma técnica INEN 1108:2006, fija los parámetros microbiológicos que debe cumplir el agua potable, siendo estos para Coliformes totales y termotolerantes un índice NMP/100ml menor a 2,2.

El número de muestras tomadas en la red domiciliaria, incluyendo las reservas y el agua clorada que sale de la planta suman un total de 84 muestras, de las cuales 14 son muestras tomadas en las reservas, 6 son muestras del agua clorada de salida de la planta y las restantes pertenecen a la red domiciliaria.

Luego de los análisis realizados, se determinó que de las 84 muestras consideradas como agua potable 57 presentan un índice NMP/100ml de contaminación $<2,2$, límite establecido por la Norma técnica INEN 1108:2006.

Las 27 muestras restantes, presentan índices NMP/100ml, superiores a los establecidos en la Norma técnica, como se muestra en el Figura 36.

Figura 36. Muestras positivas y negativas para Coliformes totales en la red domiciliaria.



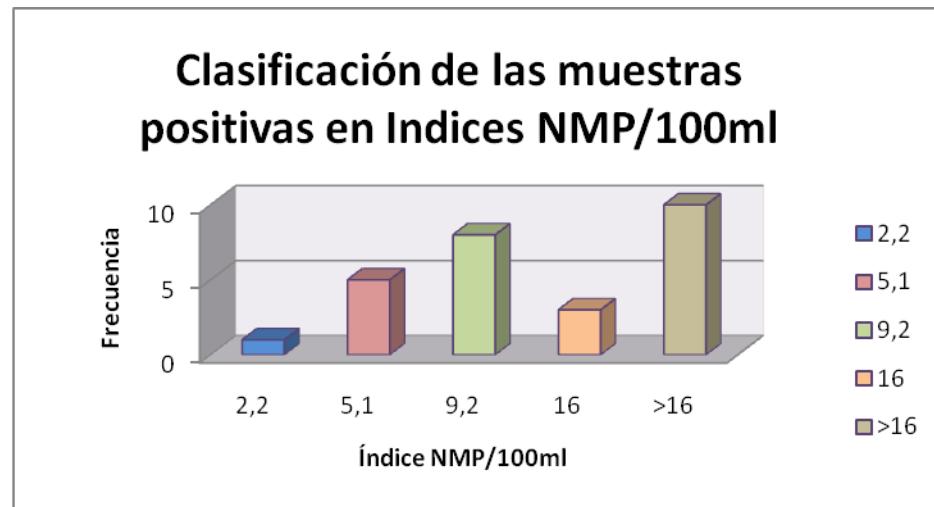
A las 27 muestras que presentan índices NMP/100ml $>2,2$ se las agrupó dependiendo de su índice NMP/100ml de contaminación, según la técnica NMP, para 5 tubos de 10ml, la frecuencia y los índices NMP se muestran en la tabla 3.2.2.4-a.

Tabla 3.2.2.4-a, FRECUENCIAS DE MUESTRAS AGRUPADAS EN INDICES DE NMP/100ml

FRECUENCIAS DE MUESTRAS AGRUPADAS EN INDICES DE NMP/100ml		
Índice NMP/100ml	Frecuencia	Porcentaje.
2,2	1	3,703%
5,1	5	18,518%
9,2	8	29,629%
16	3	11,111%
>16	10	37,037%
Total	27	100,000%

Con los datos representados en la tabla se obtiene la siguiente figura.

Figura 37. Clasificación de las muestras positivas en índices NMP/100ml

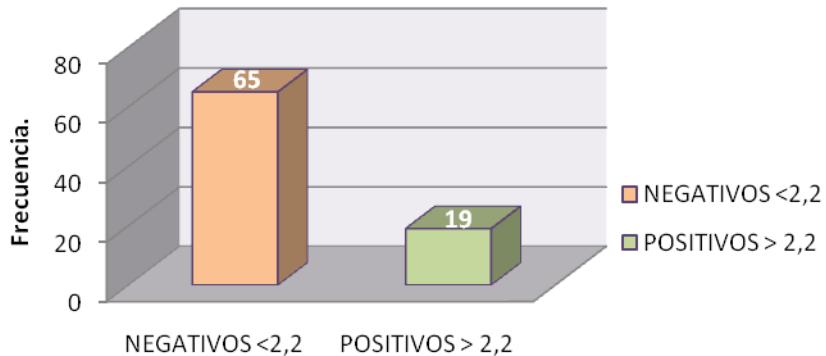


La figura 37, indica la clasificación de las muestras positivas en sus respectivos índices NMP/100ml y la frecuencia con que estas se repiten, las muestras que mayor contaminación presentan son aquellas con un índice >16 NMP/100ml, este valor se presenta en 10 muestras de un total de 27 positivas.

De la misma manera se clasificó las 84 muestras positivas > 2,2 y negativas <2,2 para Coliformes termotolerantes, siendo 65 muestras negativas y 19 positivas, lo mencionado se representa en la figura 38.

Figura 38. Muestras positivas y negativas para Coliformes termotolerantes en la red domiciliaria.

Coliformes Termotolerantes en agua de la red domiciliaria.



A las 19 muestras que presentan índices NMP/100ml >2,2 se las agrupó dependiendo de su índice NMP/100ml de contaminación, según la técnica NMP, para 5 tubos de 10ml, la frecuencia y los Índices NMP se muestran en la tabla 3.2.2.4-b.

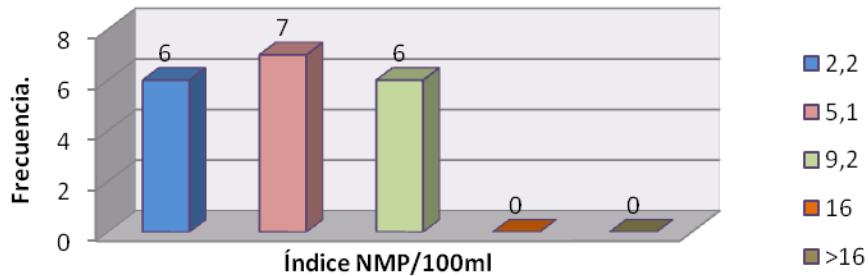
Tabla 3.2.2.4-b FRECUENCIAS DE MUESTRAS AGRUPADAS EN INDICES DE NMP/100ml.

FRECUENCIAS DE MUESTRAS AGRUPADAS EN INDICES DE NMP/100ml		
Clase NMP/100ml	Frecuencia	Porcentaje.
2,2	6	31,583%
5,1	7	36,842%
9,2	6	31,583%
16	0	0,000%
>16	0	0,000%
Total	19	100,000%

Con los datos de la tabla 3.2.2.4-b se obtiene la figura 12 que nos muestra los índices de contaminación con Coliformes termotolerantes.

Figura 39. Frecuencia de muestras positivas en índices NMP/100ml

Clasificación de las muestras positivas en Indices NMP/100ml



La figura 39, indica la clasificación de las muestras positivas en sus respectivos índices NMP/100ml y la frecuencia con que estas se repiten; los índices de contaminación son similares.

3.3 CONCLUSIONES

Con el análisis estadístico de los datos obtenidos durante el periodo de seguimiento que se dio en la planta de tratamiento y red domiciliaria de la Junta de Agua Potable Regional Cojitambo, se llegó a las siguientes conclusiones:

Conclusiones de los parámetros físico- químicos.

1. El agua procedente de las dos captaciones presenta características físico-químicas diferentes, la captación de Mamallipis presenta los siguientes valores promedio para los parámetros analizados: Color 12,5 Unidades Pt/Co; Turbiedad 0,612 NTU; pH 7,7; Conductividad 157,5 $\mu\text{mho}/\text{cm}$; STD 102,375 mg/L; Alcalinidad 76,858 mg/L de CaCO_3 ; Dureza Total 73,705mg/L de CaCO_3 ; Cloruros 0,478 mg/L de Cl^- .

El agua procedente de la captación de Galuay presenta los siguientes valores promedio para los parámetros analizados: Color 10 Unidades Pt/Co; Turbiedad 0,437 NTU; pH 7,7; Conductividad 220 $\mu\text{mho}/\text{cm}$; STD 143 mg/L; Alcalinidad 114,735 mg/L de CaCO_3 ; Dureza Total 101,556mg/L de CaCO_3 ; Cloruros 0,971 mg/L de Cl^- .



2. La variabilidad de los parámetros físico-químicos en el agua que ingresa a la planta y que se distribuye a la red domiciliaria va a depender del caudal que aporta cada una de las captaciones.
3. El agua que se distribuye en la red domiciliaria cumple con los requisitos físico –químicos establecidos en la norma técnica INEN 1108:2006 para agua potable, excepto en el parámetro cloro residual ya que de las 78 muestras analizadas en la red domiciliaria 35 muestras presentan valores de cloro residual inferiores al mínimo establecido en la norma.
4. El promedio de alcalinidad que presenta el agua de las muestras analizadas, es de 97,01mg/L CaCO₃, clasificándola como una agua que presenta una alcalinidad media (75 a 150 mg/L CaCO₃).¹⁶
5. La alcalinidad se debe principalmente a la presencia de carbonatos y bicarbonatos, estos últimos en mayor proporción.
6. El promedio de dureza total que presenta el agua de las muestras analizadas, es de 89,96 mg/L CaCO₃, clasificándola como una agua poco dura (75 a 150 mg/L CaCO₃).¹⁶
7. Debido a que la alcalinidad es mayor a la dureza total, se dice entonces que, la dureza total es igual a la dureza carbonácea; la cual está constituida por la presencia de carbonatos y bicarbonatos.
8. El incumplimiento en el parámetro Cloro residual, se debe a que no existe un adecuado proceso de dosificación de cloro, es dependiente del caudal de agua, pero en situaciones de disminución drástica, los operadores

¹⁶ SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987.



procedían a apagar el equipo de cloración o lo contrario en incrementos de caudal no se dosificaba mayor cantidad de cloro para satisfacer las nuevas demandas.

9. La pérdida de cloro a nivel de la red domiciliaria se debe a más del problema anterior, al lento recambio del líquido en los tanques de reserva, a esto se suma, un deficiente mantenimiento de las reservas en especial de los tanques 5 y 7 que abastecen de líquido a la comunidad de La Dolorosa. La sustitución de las viejas redes domiciliarias, garantiza la calidad del agua procesada en la planta.
10. Otro parámetro importante que merece exponerse es la presencia de nitritos en el agua, para esto se realizó la prueba en 25 muestras incluyendo las captaciones, en donde se determinó la presencia de concentraciones promedio de nitritos correspondiente a $11,70\mu\text{g/L}$. Un valor bajo, tomando en cuenta que el agua superficial suele tener un valor máximo de $0,1\text{mg/L}$ o equivalente a $100\ \mu\text{g/L}$.¹³
11. La presencia de nitritos puede deberse en gran medida a la presencia de pequeños animales silvestres y de pastoreo que circundan por las captaciones.

Conclusiones de los parámetros microbiológicos.

1. El agua cruda procedente de las captaciones presenta valores promedio de contaminación con Coliformes totales de $1250\text{NMP}/100\text{ml}$ para el agua procedente de la captación de Mamallipis y $>1600\ \text{NMP}/100\text{ml}$ para el agua de la captación de Galuay y para Coliformes termotolerantes un valor promedio de contaminación de $400\text{NMP}/100\text{ml}$ para la captación de

¹³ APHA, AWWA, WPCF; Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Edición 11.1963



Mamallipis y 900NMP/100ml para la captación de Galuay. De acuerdo a estos resultados se habla de una mayor contaminación a nivel de la captación de Galuay, ya que el sitio en donde se encuentra ubicada es de fácil acceso para animales a pesar de que cuenta con protección.

2. El agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento presenta un índice promedio de contaminación con Coliformes totales de 1483,33NMP/100ml equivalente a un 100%, posterior al filtrado el agua presenta una contaminación de 152,66NMP/100ml equivalente al 10,26%, entendiendo entonces, que existe una remoción de Coliformes totales equivalente a un 89,74%.
3. El agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento presenta un índice promedio de contaminación con Coliformes termotolerantes de 286,66NMP/100ml equivalente a un 100%, posterior al filtrado el agua presenta una contaminación de 23NMP/100ml equivalente al 8,02%, entendiendo entonces, que existe una remoción de Coliformes termotolerantes equivalente a un 91,98%.
4. Con los resultados obtenidos de la remoción de material biológico, se concluye que el proceso de filtración lenta es el más adecuado, esto se debe a que existe un proceso de maduración correcto del filtro, ayudado por un adecuado mantenimiento de las unidades filtrantes.
5. De las 84 muestras consideradas como agua potable, 57 muestras presenta un índice NMP/100ml menor a 2,2 para Coliformes totales, cumpliendo con lo especificado en la norma técnica INEN 1108:2006. Y las 27, muestras restantes presentan índices superiores de contaminación a los establecidos en la norma.



6. Las 27 muestras que se encuentran fuera de las condiciones establecidas en la norma INEN 1108:2006, el 3,703% presenta un índice de 2,2NMP/100ml; el 18,518% presenta un índice de 5,1NMP/100ml; el 29,629% presenta un índice de 9,2NMP/100ml; el 11,11% presenta un índice de 16NMP/100ml y el 37,03% presenta un índice >16NMP/100ml.
7. De las 84 muestras para Coliformes termotolerantes 65 muestras se consideran negativas (<2,2NMP/100ml) cumpliendo con lo establecido en la norma INEN 1108:2006 y las 19 restantes consideradas positivas (>2,2 NMP/100ml) no cumplen con la norma.
8. De las 19 muestras 6 de ellas presenta índices de contaminación de 2,2 NMP/100ml; 7 presentan un índice de 5,1 NMP/100ml y encontrándose un mayor nivel de contaminación en 6 muestras con un índice de 9,2NMP/100ml.
9. El incumplimiento en los parámetros microbiológicos, se deben a gran medida al deficiente proceso de cloración, ya mencionado en las conclusiones de los parámetros físico químicos.

3.4 Recomendaciones.

- Capacitación al personal que se encuentra encargado de la planta de tratamiento bajo la supervisión de un profesional, sobre las consecuencias en la salud de los usuarios, por el deficiente procesamiento que incluye la cloración.
- Monitoreo frecuente en el proceso de cloración (tres veces al día), para evitar una dosificación insuficiente o excesiva de cloro, para esto es necesario elaborar una curva de dosificación, dependiente del caudal de tal forma que garantice una desinfección óptima.
- Control de la cantidad de cloro residual con el método de la orto-tolidina en las reservas; en caso de que estos niveles se encuentren por debajo de lo establecido en la norma, implementar un proceso de cloración manual, en especial las reservas que se encuentran a mayor distancia de la planta de tratamiento.
- Realizar con mayor frecuencia el saneamiento de las reservas (tres veces al año), en especial de la reserva 5 que es la que presenta mayores



problemas y adoptar mayor seguridad en los tanques rompe presión, evitando que estos queden expuestos.

- Implementación de un laboratorio para los análisis físicos-químicos y microbiológicos, para que de esta manera se pueda garantizar la calidad del agua que día a día se distribuye a los usuarios.
- Contratar profesionales para el manejo del laboratorio.
- Elaborar un manual de procedimientos de cada una de las etapas implicadas en el proceso de potabilización, capacitar a los operadores en la interpretación de dicho manual y designar una persona que supervise frecuentemente el cumplimiento del mismo.





INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito-Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2006

Segunda revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

Primera Edición

WATER DRINKING. SPECIFICATIONS.

First Edition



Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	AGUA POTABLE REQUISITOS	NTE INEN 1108:2006 Segunda revisión 2006-03
1. OBJETO		
1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.		
3. DEFINICIONES		
3.1 Agua Potable. Es el agua cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.		
3.2 Agua Cruda. Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.		
3.3 Límite máximo permisible. Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apto para consumo humano.		
3.4 UFC/ml. Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.		
3.5 NMP. Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los Tubos múltiples.		
3.6 ug/l. (microgramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.		
3.7 mg/l. (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.		
3.8 Microorganismo patógeno. Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.		
3.9 Pesticidas. Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nemátodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.		
3.10 Desinfección. Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.		
3.11 Subproductos de desinfección. Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancia húmicas.		
3.12 Radio nucleido. Nucleidos radiactivos; nucleidos: conjunto de átomos que tienen núcleos con igual número atómico Z y másico A.		
3.13 MBAS, ABS. Sustancias activas al azul de metileno; Alquil Benceno Sulfonato.		
3.14 Cloro residual. Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.		
3.15 Dureza total. Es la cantidad de calcio y magnesio presente en el agua y expresado como carbonato de calcio.		

(Continúa)

Mónica Matute.
Julio Sarmiento.
Sonia Valdez.



DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable.

3.16 Sólidos totales disueltos. Fracción filtrable de los sólidos que corresponde a los sólidos coloidales y disueltos.

1. DISPOSICIONES GENERALES

4.1 Cuando el agua potable se utilice como materia prima para la elaboración de productos de consumo humano, la concentración de aerobios mesófilos, no deberá ser superior a 100UFC/ml

5. REQUISITOS

5.1. Requisitos Específicos

5.1.1 El Agua Potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo Permisible
Características físicas		
Color	Unidad Esc. Pt/Co	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	No objetable
Sabor	---	No objetable
Ph	---	6,5-8,5
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	1000
Inorgánicos		
Aluminio	mg/l	0,25
Amonio	mg/l	1,0
Antimonio	mg/l	0,005
Arsénico	mg/l	0,01
Bario	mg/l	0,7
Boro	mg/l	0,3
Cadmio	mg/l	0,003



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Cianuros	mg/l	0,0
Cloro Libre residual *	mg/l	0,3-1,5
Cloruros	mg/l	250
Cobalto	mg/l	0,2
Cobre	mg/l	1,0
Cromo hexavalente	mg/l	0,05
Dureza Total CaCO ₃	mg/l	300
Estaño	mg/l	0,1
Flúor	mg/l	1,5
Fósforo	mg/l	0,1
Hierro	mg/l	0,1
Litio	mg/l	0,2
Manganese	mg/l	0,1
Mercurio	mg/l	0,0
Níquel	mg/l	0,02
Nitratos	mg/l	10
Nitritos	mg/l	0,0
Plata	mg/l	0,05
Plomo	mg/l	0,01
Potasio	mg/l	20
Selenio	mg/l	0,01
Sodio	mg/l	200
Sulfatos	mg/l	200
Vanadio	mg/l	0,1
Zinc	mg/l	3



Radiactivos		
Radiación total α **	Bq/l	0,1
Radiación total β ***	Bq/l	1,0
*Cuando se utiliza cloro como desinfectante y luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.		
**Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{210}Po , ^{224}Ra , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{234}U , ^{239}Pu		
***Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ^{60}Co , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{129}I , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{134}Cs , ^{210}Pb , ^{228}Ra		

Orgánicos

Sustancias Orgánicas	Límite máximo $\mu\text{g/l}$
Tensoactivos ABS (MBAS)	0,0
Fenoles	0,0
Sustancias Orgánicas	
Aléanos Clorinados	2
- tetracloruro de carbono	20
- diclorometano	30
- 1,2dicloroetano	
- 1,1,1-tricloroetano	2000
Etanos Clorinados	
- cloruro de vinilo	
- 1,1dicloroeteno	5
- 1,2dicloroeteno	
- tricloroeteno	30
- tetracloroeteno	
Hidrocarburos Aromáticos	30
- benceno	50
- Tolueno	70
- Xileno	
- Etilbenceno	40
- Estireno	
Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)	10



Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)		170
- benzo [a]pireno		500
- benzo [a]fluoranteno		200
- benzo [k]fluoranteno		20
- benzo [ghi]pirileno		
- indeno [1,2,3-cd]pireno		0,3
Bencenos Clorinados		
- monoclorobenceno		
- 1,2-diclorobenceno		0,01
- 1,3-diclorobenceno		
- 1,4-diclorobenceno		0,03
triclorobencenos (total)		
di(2-ethylhexil) adipato		0,03
di(2-ethylhexil) ftalato		0,03
acrylamida		0,03
epiclorohidrin		
hexaclorobutadieno		300
Acido etilendiaminatetracético EDTA		1000
ácido nitrotriacético		300
oxido tributiltin		20
		80
		8
		0,5
		0,4
		0,6
		200
		200
		2



5.1.2 El agua potable debe PESTICIDAS los siguientes requisitos Microbacteriológicos		Límite máximo µg/l
Isoproturon		9
Lindano		2
Ácido 4-cloro-2-metilfenoxicacético MCPA		2
Metoxycloro	Requisitos Microbiológicos	10
Molinato		6
Maxímo		
Malinalin		20
Pentaclorofenol		9
Permetrin		20
Conformes totales (1) NMP/100 ml		< 2,2 *
Propanil		20
Conformes fecales NMP/100 ml		100 <2,2 *
Simazina		2
Cryptosporidium	número de quistes/100 litros	20 ausencia
Herbicidas Clorofenoxy, diferentes a 2,4-D y MCPA	2,4-DB	90
Glicoprop	número de quistes/100 litros	100 ausencia
Fenoprop		9
Ácido 4-cloro-2metilfenoxibutírico MCPB		2
Mecoprop		10
* 2,4,5T significa que en una serie de 9 tubos ninguno es positivo		9
Residuos Desinfectantes		Límite máximo µg/l
(1)	En el caso de los grandes sistemas de abastecimiento, cuando se examinen Monocloramina, di- y tricloramina suficientes muestras, deberá dar ausencia en el 95 % de las muestras, tomadas	3
Cloro	durante cualquier período de 12 meses.	5
Bromato		25
Clorito		200
Clorofenoles		
2,4,6-triclorofenol		200
Formaldehido		900
6. INSPECCIÓN		
6.1 Muestreo		
6.1.1	El muestreo para el análisis bacteriológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).	200
Acidos acéticos clorinados		50
ácido dicloroacético		100
ácido tricloroacético		100
Hidrato clorado		
6.1.2	El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods).	10
Acetonitrilos halogenados		90
dicloroacetonitrilo		100
dibromocetonitrilo		1
tricloroacetonitrilo		
Cianógeno clorado (como CN)		70

7. MÉTODOS DE ENSAYO



7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los Métodos Normalizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición.

ANEXO 1

(INFORMATIVO)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Población servida	Número mínimo Muestras/mes	Población servida	Número mínimo Muestras/mes
25 a 1000	1	83001 a 90000	90
1001 a 2500	2	90001 a 96000	95
2501 a 3300	3	96001 a 111000	100
3301 a 4100	4	111001 a 130000	110
4101 a 4900	5	130001 a 160000	120
4901 a 5800	6	160001 a 190000	130
5801 a 6700	7	190001 a 220000	140
6701 a 7600	8	220001 a 250000	150
7601 a 8500	9	250001 a 290000	160
8501 a 9400	10	290001 a 320000	170
9401 a 10300	11	320001 a 360000	180
10301 a 11100	12	360001 a 410000	190
11101 a 12000	13	410001 a 450000	200
12001 a 12900	14	450001 a 500000	210
12901 a 13700	15	500001 a 530000	220
13701 a 14600	16	530001 a 600000	230
14601 a 15500	17	600001 a 660000	240
15501 a 16300	18	660001 a 720000	250
16301 a 17200	19	720001 a 780000	260
17201 a 18100	20	780001 a 840000	270
18101 a 18900	21	840001 a 910000	280
18901 a 19800	22	910001 a 970000	290
19801 a 20700	23	970001 a 1050000	300
20701 a 21500	24	1050001 a 1140000	310
21501 a 22300	25	1140001 a 1230000	320



22301 a 23200	26	1230001 a 1320000	330
23201 a 24000	27	1320001 a 1420000	340
24001 a 24900	28	1420001 a 1520000	350
24901 a 25000	29	1520001 a 1630000	360
25001 a 28000	30	1630001 a 1730000	370
28001 a 33000	35	1730001 a 1850000	380
33001 a 37000	40	1850001 a 1970000	390
37001 a 41000	45	1970001 a 2060000	400
41001 a 46000	50	2060001 a 2270000	410
46001 a 50000	55	2270001 a 2510000	420
50001 a 54000	60	2510001 a 2750000	430
54001 a 59000	65	2750001 a 3020000	440
59001 a 64000	70	3020001 a 3320000	450
64001 a 70000	75	3322001 a 3620000	460
70001 a 76000	80	3620001 a 3960000	470
76001 a 83000	85	3960001 a 4310000	480
		4310001 a 4690000	490
		Sobre 4690000	500

Fuente *Interim Primary Drinking Water Standards- Environmental Protection Agency (EPA) 1975*

Bibliografía: CETESB. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental. Control de calidad del agua potable para consumo. Bases conceptuales y operacionales. Sao Paulo, 1977.

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR



Métodos Normalizados para el Agua potable y residual (Standard Methods) en su última edición. Publicado por la APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water World Association) y WEF (Water Environment Federation).

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 *Agua Potable Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, 1983.

Ministerio del Ambiente, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, actualizada a diciembre de 2002. Corporación de estudios y Publicaciones, Quito 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for drinking-water quality Volume 1 Recomendations. Second Edition. Genova 1993

CETESB. Compañía de tecnología de saneamiento ambiental. Control de calidad para el agua de consumo humano. Bases conceptuales y operacionales. Sao Paulo, 1977.



ANEXO 2

Comunidades y usuarios del Sistema.

COMUNIDAD	USUARIOS ACTUALES
Angaloma	61
Chacaloma	25
Chapte	39
Cochahuaico	31
Corralón	65
Cojitambo Centro	125
Guablinay	171
La Dolorosa	143
La Villa	70
Llimpi	123
Mururco Azogues	98
Mururco Cojitambo	91
Shunzhi	26
Pillcomarca	60
Pizhumaza	54
Quililic	66
San Jacinto	59
San José Alto	70
San José Bajo	76
San Miguel	200
San Nicolás	134
Toray	39
Uzno	64
TOTAL	1890

YÁNEZ ,Hernán, Memoria técnica, Ampliación de la línea
de conducción del Sistema Regional de Agua Potable
Cojitambo, Cojitambo 2005



ANEXO 3

CÁLCULO Y REGISTRO DEL NMP

Para cálculo y registro del NMP, se debe tomar en cuenta el número de hallazgos positivos de microorganismos del grupo Coliforme, ya sea en pruebas confirmatorias o completas.

Las tablas siguientes indican valores de NMP para distintas series de siembras y resultados. En estas tablas se contemplan límites de confianza del 95% para cada valor de NMP.

Índice de NMP y límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean Cinco porciones de 10ml			
Número de tubos que dan reacción positiva de un total de 5 de 10ml cada uno	Índice NMP/100ml	Límites de confianza 95% (aproximados)	
		Superior	Inferior
0	<2,2	0	0,6
1	2	0,1	12,6
2	5,1	0,5	19,2
3	9,2	1,6	29,4
4	16,0	3,3	52,9
5	>16,0	8,0	Infinito

Cuando se emplean diluciones decimales, se debe elegir la dilución más alta con resultado positivo entre las cinco estudiadas. Para calcular el índice del NMP, se deben utilizar los resultados de tres volúmenes.

Índice de NMP y límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos cuando se usan Cinco tubos por dilución (10ml-1ml-0,1ml)					
Combinación de positivos	Índice NMP/100ml	Límites de confianza 95% (aproximados)	Combinación de positivos	Índice NMP/100ml	Límites de confianza 95% (aproximados)



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		Superior	Inferior			Superior	Inferior
0-0-0	<2,2	--	--	4-2-0	22	9,0	56
0-0-1	2,2	1,0	10	4-2-1	26	12	65
0-1-0	2,2	1,0	10	4-3-0	27	12	67
0-2-0	4	1,0	13	4-3-1	33	15	77
				4-4-0	34	16	80
1-0-0	2	1,0	11	5-0-0	23	9,0	86
1-0-1	4	1,0	15	5-0-1	30	10	110
1-1-0	4	1,0	15	5-0-2	40	20	140
1-1-1	6	2,0	18	5-1-0	30	10	120
1-2-0	6	2,0	18	5-1-1	50	20	150
				5-1-2	60	30	180
2-0-0	4	1,0	17	5-2-0	50	20	170
2-0-1	7	2,0	20	5-2-1	70	30	210
2-1-0	7	2,0	21	5-2-2	90	40	250
2-1-1	9	3,0	24	5-3-0	80	30	250
2-2-0	9	3,0	25	5-3-1	110	40	300
2-3-0	12	5,0	29	5-3-2	140	60	360
3-0-0	8	3,0	24	5-3-3	170	80	410
3-0-1	11	4,0	29	5-4-0	130	50	390
3-1-0	11	4,0	29	5-4-1	170	70	480
3-1-1	14	6,0	35	5-4-2	220	100	580



UNIVERSIDAD DE CUENCA

3-2-0	14	6,0	35	5-4-3	280	120	690
3-2-1	17	7,0	40	5-4-4	350	160	820
4-0-0	13	5,0	38	5-5-0	240	100	940
4-0-1	17	7,0	45	5-5-1	300	100	1.300
4-1-0	17	7,0	46	5-5-2	500	200	2.000
4-1-1	21	9,0	55	5-5-3	900	300	2.900
4-1-2	26	12	63	5-5-4	1.600	600	5.300
				5-5-5	≥ 1.600	--	--



BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). "Métodos estándar para el examen de aguas y aguas de desecho; incluyendo sedimentos bentales y lodos" Editorial Interamericana México. 1963.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). "Standard methods for examination of water and wastewater". Editorial Board. Washington. 1992.
- BARRENECHEA, Ada. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Manual I. Tomo I. Revista de la OPS-Cepis. Extraído el 15 de abril de 2010, desde: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>
- COVENIN 1104-96. Determinación por el número más probable de Coliformes totales y fecales. Extraído el 21 de marzo de 2010, desde: <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1104-96.pdf>
- INEN 0970:1984 Agua potable. Determinación del color.
- INEN 0971:1984 Agua potable. Determinación de la turbiedad. Método nefelométrico.
- INEN 0973:1984 Agua potable. Determinación del pH.
- INEN 0974:1984 Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
- INEN 0976:1984 Agua potable. Determinación de cloruros.
- INEN 1108:2006. Agua Potable. Requisitos



- INEN 1529-6:1990 Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos Coliformes por la técnica del número más probable.
- INEN 1529-6:1990 Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos Coliformes por la técnica del número más probable.
- KIRCHMER, Cliff J. Guía para la evaluación de laboratorios bacteriológicos de análisis de aguas. Lima, CEPIS 1978. Extraído el 13 de diciembre de 2009, desde:
<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacd/scan/004691/004691-06.pdf>
- LETTERMAN, Raymond. "Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria". Editorial McGraw-Hill. Madrid 2002.
- MANACORDA, A; CUADROS, D; ÁLVAREZ, A. "Manual práctico de microbiología". Tomo II, Microbiología Ambiental. Publicado en 2007. Extraído el 19 de febrero de 2010, desde:
http://essa.uncoma.edu.ar/academica/materias/microbiologia_ambiental_II/2007/cap_3_colimetría.pdf
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. "Guías para la calidad de Agua potable: control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades" Editorial Washington. 1988.
- PONCE, Esperanza; LEY, Evangelina. "Manual de potabilización de Aguas". Universidad de Sinaloa. Primera Edición. México 2005. Extraído el 2 de enero de 2010, desde:



<http://inge.uasnet.mx/files/MANUAL%20DE%20POTABILIZACION%20DE%20AGUAS.pdf>

- ROMERO, Jairo. "Calidad del agua". Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda Edición. Colombia, 2005.
- SIERRA, Jorge. "Análisis de Aguas y Aguas Residuales". Universidad de Antioquia. Medellín 1987.