



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**TÍTULO:  
DIAGNÓSTICO DE LOS ABASTECIMIENTO DE AGUA EN POBLACIONES  
PEQUEÑAS**

**AUTORA:  
Caicedo Ortiz Yomaira Mariuxi**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERA CIVIL**

**TUTOR:  
Dr. Cevallos Romero Jorge Einar**

**Guayaquil, Ecuador  
2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Yomaira Mariuxi Caicedo Ortiz**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniera Civil**.

**TUTOR**

---

**Dr. Jorge Einar Cevallos Romero**

**DIRECTORA DE LA CARRERA**

---

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas**

Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Yomaira Mariuxi Caicedo Ortiz**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación **Diagnóstico de los abastecimiento de agua en poblaciones pequeñas**, previa a la obtención del **Título de Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2015**

**LA AUTORA:**

---

**Yomaira Mariuxi Caicedo Ortiz**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

## AUTORIZACIÓN

Yo, **Yomaira Mariuxi Caicedo Ortiz**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, **la publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Diagnóstico de los abastecimiento de agua en poblaciones pequeñas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 19 del mes de marzo del año 2015**

**LA AUTORA:**

---

**Yomaira Mariuxi Caicedo Ortiz**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la fuerza necesaria para salir adelante.

A mis padres, por su apoyo incondicional.

Al Dr. Jorge Cevallos, por su ayuda brindada en el desarrollo de este trabajo de investigación y sus sabios consejos.

A los docentes de la UCSG por su instrucción académica a lo largo de mi carrera.

A los Alcaldes y miembros de la Empresa de agua potable y alcantarillado de los cantones Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo por su ayuda y colaboración que hicieron posible este trabajo.

**YOMAIRA CAICEDO**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación a mis queridos padres en muestra de mi eterna gratitud por todo el amor, sacrificio y apoyo incondicional que me han brindado y a mis hermanos por ayudarme y apoyarme siempre.

**YOMAIRA CAICEDO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**CALIFICACIÓN**

---

**DR. JORGE EINAR CEVALLOS ROMERO  
PROFESOR TUTOR**

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XVII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XXII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	3
1.5 LIMITACIONES.....	3
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>4</b>
<b>GENERALIDADES SOBRE LAS POBLACIONES INVESTIGADAS</b> .....	<b>4</b>
2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	5
2.2 POBLACIÓN URBANA.....	6
2.3 ACTIVIDADES ECONÓMICAS .....	7
2.4 ACCESO A LOS SERVICIOS BÁSICOS .....	10
2.4.1 <i>Transporte y acceso</i> .....	10
2.4.2 <i>Energía eléctrica</i> .....	12
2.4.3 <i>Educación</i> .....	12
2.4.4 <i>Salud</i> .....	13

2.5 CLIMA .....	14
2.6 GEOLOGÍA.....	15
2.7 HIDROGRAFÍA .....	15
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>18</b>
<b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....</b>	<b>18</b>
3.1 CANTÓN SANTA LUCÍA.....	18
3.1.1 Fuente de agua superficial.....	18
3.1.2 Sistema de tratamiento de agua potable.....	18
3.1.2.1 Planta Intal. ....	18
3.1.2.1.1 Proceso de potabilización del agua.....	20
3.1.2.2 Planta UPA 200T.....	22
3.1.2.2.1 Proceso de potabilización del agua.....	23
3.1.3 Red de distribución de agua potable.....	26
3.1.4 Tarifas.....	27
3.2 CANTÓN COLIMES.....	27
3.2.1 Sistema de captación de agua subterránea.....	27
3.2.2 Proceso de potabilización del agua.....	31
3.2.3 Red de distribución.....	36
3.2.4 Tarifas.....	37
3.3 CANTÓN PEDRO CARBO .....	38
3.3.1 Sistema de captación de agua subterránea.....	38
3.3.2 Sistema de tratamiento de agua potable.....	40
3.3.3 Red de distribución.....	43
3.3.4 Tarifas.....	43
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>44</b>
<b>CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA .....</b>	<b>44</b>
4.1 PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS ....	44
4.1.1 Características físicas del agua.....	44
4.1.2 Características químicas y fisicoquímicas del agua.....	46
4.1.3 Características biológicas.....	55

4.2 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	56
4.3 PRUEBA DE JARRAS .....	58
4.4 LOS COAGULANTES MÁS EMPLEADOS PARA LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN 59	
4.5 LOS POLÍMEROS MÁS USADOS.....	60
4.6 PROCESOS TÍPICOS PARA TRATAR EL AGUA .....	61
4.7 NORMAS PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUA CRUDA Y AGUA POTABLE .....	64
4.8 NORMAS ECUATORIANAS VS. INTERNACIONALES .....	66
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>67</b>
<b>RESULTADOS DEL CONTROL DE CALIDAD DE AGUA EN LAS TRES POBLACIONES .....</b>	<b>68</b>
5.1 CANTÓN SANTA LUCÍA.....	68
5.1.1 Muestreo.....	68
5.1.2 Resultados de análisis de laboratorio. ....	70
5.1.2.1 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda y tratada del Cantón Santa Lucía.....	71
5.1.3 Gráficos estadísticos de los resultados de análisis de muestras de aguas crudas Vs. límites TULSMA. ....	90
5.2 CANTÓN COLIMES.....	94
5.2.1 Muestreo.....	94
5.2.2 Resultados de análisis de laboratorio. ....	95
5.2.2.1 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda y tratada del Cantón Colimes.....	96
5.2.3 Gráficas estadísticas de los resultados de análisis de muestras de aguas tratadas Vs. límites permisibles.....	106
5.2.4 Gráficas comparativos agua cruda Vs. tratada.....	115
5.3 CANTÓN PEDRO CARBO .....	121
5.3.1 Muestreo.....	121
5.3.2 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda del Cantón Pedro Carbo.....	123

<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>129</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO .....</b>	<b>129</b>
6.1 SANTA LUCÍA.....	129
6.1.1 <i>Agua cruda.</i> .....	129
6.1.1.1 Características físicas. ....	129
6.1.1.2 Características químicas. ....	129
6.1.1.3 Características bacteriológicas.....	130
6.1.2 <i>Agua tratada.</i> .....	130
6.1.2.1 Características físicas. ....	130
6.1.2.2 Características químicas. ....	130
6.1.2.3 Características bacteriológicas.....	131
6.2 CANTÓN COLIMES.....	131
6.2.1 <i>Agua cruda.</i> .....	131
6.2.1.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas. ....	131
6.2.2 <i>Agua tratada.</i> .....	133
6.2.2.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas. ....	133
6.3 CANTÓN PEDRO CARBO .....	144
6.3.1 <i>Agua cruda.</i> .....	144
6.3.1.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas. ....	144
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>148</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>148</b>
7.1 CANTÓN SANTA LUCÍA.....	148
7.1.1 <i>Conclusiones.</i> .....	148
7.2 CANTÓN COLIMES.....	149
7.2.1 <i>Conclusiones.</i> .....	149
7.3 CANTÓN PEDRO CARBO .....	150
7.3.1 <i>Conclusiones.</i> .....	150
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>151</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>151</b>

8.1 CANTÓN SANTA LUCÍA.....	152
8.1.1 Recomendaciones.....	152
8.2 CANTÓN COLIMES.....	153
8.2.1 Recomendaciones.....	153
8.2.1.1 Dimensionamiento de aerador de bandejas .....	155
8.2.1.2 Dimensionamiento de filtro grueso ascendente por capas (FGAC). .....	159
8.2.1.3 Sistema de cloración.....	161
8.2.1.3.1 Dosis de hipoclorito para suministrar la concentración deseada de cloro libre residual en el agua de consumo. ....	162
8.3 CANTÓN PEDRO CARBO .....	163
8.3.1 Recomendaciones.....	163
8.3.1.1 Dimensionamiento de aerador de bandejas .....	164
8.3.1.2 Dimensionamiento de filtro grueso ascendente por capas (FGAC). .....	168
8.3.1.3 Sistema de cloración.....	169
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>170</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>175</b>
<b>FRECUENCIA DE MUESTREOS PARA CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....</b>	<b>175</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1: Número de habitantes por cantón .....	6
Tabla 2. 2: Tasa de crecimiento anual .....	7
Tabla 3. 1: Fuentes de agua subterránea de la zona urbana de Colimes .....	27
Tabla 3. 2: Caudales de explotación-Cantón Colimes.....	36
Tabla 3. 3: Red de distribución (diámetros y cantidad) .....	37
Tabla 3. 4: Fuentes de agua subterránea de la zona urbana de Pedro Carbo ..	38
Tabla 3. 5: Caudales de explotación-Cantón Pedro Carbo .....	42
Tabla 3. 6: Red de distribución (diámetros y cantidad) .....	43
Tabla 4. 1: Elementos que son más comúnmente evaluados en el agua cruda	64
Tabla 4. 2: Elementos que son más comúnmente evaluados en agua potable .	65
Tabla 4. 3: Parámetros más comunes evaluados en el agua de consumo INEN vs. OMS.....	67
Tabla 5. 1: Zonas en las que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas y tratadas (2013-2014) .....	68
Tabla 5. 2: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano, Río Daule - Cantón Santa Lucía.....	71
Tabla 5. 3: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Las Mercedes- Cantón Santa Lucía.....	73
Tabla 5. 4: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Pedro-Cantón Santa Lucía .....	74
Tabla 5. 5: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. Voz de Santa Lucía-Cantón Santa Lucía .....	75
Tabla 5. 6: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio 3 de Abril-Cantón Santa Lucía.....	76
Tabla 5. 7: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Pablo-Cantón Santa Lucía.....	77

Tabla 5. 8: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Santa Rosa-Cantón Santa Lucía .....	78
Tabla 5. 9: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. Ubaldo Urquizo-Cantón Santa Lucía .....	79
Tabla 5. 10: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, sector San Ramón-Cantón Santa Lucía .....	80
Tabla 5. 11: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. La Nueva Santa Lucía-Cantón Santa Lucía.....	81
Tabla 5. 12: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Sector Floresta-Cantón Santa Lucía .....	82
Tabla 5. 13: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Malecón - Cantón Santa Lucía.....	83
Tabla 5. 14: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Central - Cantón Santa Lucía .....	84
Tabla 5. 15: Reporte de análisis de agua tratada para consumo, Barrio Morochal-Cantón Santa Lucía .....	85
Tabla 5. 16: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio 5 julio-Cantón Santa Lucía.....	86
Tabla 5. 17: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Javier-Cantón Santa Lucía .....	87
Tabla 5. 18: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Samanes-Cantón Santa Lucía .....	88
Tabla 5. 19: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Riveras Lucianas-Cantón Santa Lucía.....	89
Tabla 5. 20: Meses en los que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas y tratadas.....	94
Tabla 5. 21: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 1, Planta Colimes-Cantón Colimes .....	96
Tabla 5. 22: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 2, Escuela 9 de octubre-Cantón Colimes.....	97

Tabla 5. 23: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 3, subida al cementerio-Cantón Colimes .....	98
Tabla 5. 24: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Mezcla de agua de los Pozos 4 y 5, La Curia-Cantón Colimes .....	99
Tabla 5. 25: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 1, Planta Colimes-Cantón Colimes .....	101
Tabla 5. 26: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 2, Escuela 9 de octubre-Cantón Colimes.....	102
Tabla 5. 27: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 3, subida al cementerio-Cantón Colimes .....	103
Tabla 5. 28: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Mezcla de agua de los Pozos 4 y 5, La Curia-Cantón Colimes .....	104
Tabla 5. 29: Meses en los que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas .....	122
Tabla 5. 30: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano – Pozo 1, Fumisa-Cantón Pedro Carbo .....	123
Tabla 5. 31: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 2, Barrio Guayaquil-Cantón Pedro Carbo .....	124
Tabla 5. 32: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano Pozo 3, Las Cucharas-Cantón Pedro Carbo.....	125
Tabla 5. 33: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 4, Santa Martha-Cantón Pedro Carbo .....	126
Tabla 5. 34: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano- Pozo 5, Polideportivo-Cantón Pedro Carbo .....	127
Tabla 5. 35: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 6, 10 de Agosto-Cantón Pedro Carbo .....	128
Tabla 8. 1: Resultados de Aerador de bandejas-cantón Colimes.....	159
Tabla 8. 2: Resultados de área de superficie de FGAC-cantón Colimes.....	161
Tabla 8. 3: Cantidad de hipoclorito necesaria-cantón Colimes.....	163
Tabla 8. 4: Alternativas para la remoción de cromo .....	164
Tabla 8. 5: Resultados de aerador de bandejas-cantón Pedro Carbo .....	168

Tabla 8. 6	Resultado de área de superficie de FGAC-cantón Pedro Carbo .....	169
Tabla 8. 7:	Cantidad de hipoclorito necesario-cantón Pedro Carbo .....	170

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Mapa de la Provincia del Guayas.....	5
Figura 2. 2 Población del Cantón Santa Lucía ocupada por rama de actividad...	8
Figura 2. 3 Población del Cantón Colimes ocupada por rama de actividad.....	9
Figura 2. 4 Población del Cantón Pedro Carbo ocupada por rama de actividad	10
Figura 2. 5 Puente de Colimes.....	11
Figura 2. 6 Zona urbana de Colimes-presencia de tricimotos .....	12
Figura 2. 7 Panorama del río Pedro Carbo durante la época seca.....	14
Figura 2. 8 Mapa físico Cantón Santa Lucía .....	16
Figura 2. 9 Mapa físico Cantón Colimes .....	16
Figura 2. 10 Mapa físico Cantón Pedro Carbo .....	17
Figura 3. 1 Planta compacta Intal, sector San Javier- Cantón Santa Lucía.....	19
Figura 3. 2 Esquema de planta compacta potabilizadora.....	20
Figura 3. 3 Módulo de sedimentación de la planta Intal, sector San Javier – Cantón Santa Lucía .....	21
Figura 3. 4 Reserva alta, Sector San Javier.....	22
Figura 3. 5 Planta potabilizadora de agua UPA, sector San Javier .....	22
Figura 3. 6 Tanque de mezcla rápida .....	24
Figura 3. 7 Planta UPA, sector San Javier-Cantón Santa Lucía .....	24
Figura 3. 8 Descarga de lodos Planta UPA, Sector San Javier .....	25
Figura 3. 9 Reserva alta, Sector San Javier.....	25
Figura 3. 10 Población abastecida de agua potable en la cabecera cantonal de Santa Lucía .....	26
Figura 3. 11 Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano del Cantón Colimes .....	28
Figura 3. 12 Pozo 1, Planta Colimes.....	29
Figura 3. 13 Pozo 2, Escuela 9 de octubre .....	29
Figura 3. 14 Pozo 3, Subida al cementerio .....	30
Figura 3. 15 Pozo 4, Sector La Curia .....	30

Figura 3. 16 Pozo 5, Sector La Curia .....	31
Figura 3. 17 Tanque para cloración	Figura 3. 18 Proceso de aireación .....
Figura 3. 19 Reserva baja	3. 20 Caseta de bombas .....
Figura 3. 21 Esquema del sistema de agua potable (pozo 1, 2, y 3) .....	32
Figura 3. 22 Torre 1	Figura 3. 23 Torre 2 .....
Figura 3. 24 Vista en planta – Planta potabilizadora del sector La Curia .....	33
Figura 3. 25 Tanques contenedores de químicos .....	34
Figura 3. 26 Tanque elevado, sector La Curia .....	35
Figura 3. 27 Zona Abastecida de agua potable en la cabecera cantonal de Colimes, .....	35
Figura 3. 28 Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano del Cantón Pedro Carbo .....	36
Figura 3. 29 Pozo 2, sector Barrio Guayaquil .....	38
Figura 3. 30 Reservas bajas, sector Fumisa .....	39
Figura 3. 31 Reservas altas, sector Fumisa .....	41
Figura 5. 1 Sectores donde se toman muestras de agua en la red de distribución .....	42
Figura 5. 2 Concentración de pH en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	70
Figura 5. 3 Concentración de color en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	90
Figura 5. 4 Concentración de turbiedad en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	90
Figura 5. 5 Concentración de hierro en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	91
Figura 5. 6 Concentración de nitratos en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	91
Figura 5. 7 Concentración de nitritos en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	92
Figura 5. 7 Concentración de nitritos en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA .....	92

Figura 5. 8 Concentración de coliformes totales en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA.....	93
Figura 5. 9 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA.....	93
Figura 5. 10 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite.....	106
Figura 5. 11 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite .....	106
Figura 5. 12 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite .....	107
Figura 5. 13 Concentración de coliformes totales en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite .....	107
Figura 5. 14 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite.....	108
Figura 5. 15 Concentración de turbiedad en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite.....	108
Figura 5. 16 Concentración de hierro en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite.....	109
Figura 5. 17 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite .....	109
Figura 5. 18 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite .....	110
Figura 5. 19 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite .....	110
Figura 5. 20 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite .....	111
Figura 5. 21 Concentración de nitritos en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite.....	111
Figura 5. 22 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite .....	112

Figura 5. 23 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite .....	112
Figura 5. 24 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite.....	113
Figura 5. 25 Concentración de turbiedad en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite .....	113
Figura 5. 26 Concentración de hierro en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite .....	114
Figura 5. 27 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite .....	114
Figura 5. 28 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite .....	115
Figura 5. 29 Concentración de color en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	115
Figura 5. 30 Concentración de turbiedad en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	116
Figura 5. 31 Concentración de hierro en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	116
Figura 5. 32 Concentración de manganeso en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	117
Figura 5. 33 Concentración de nitratos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	117
Figura 5. 34 Concentración de nitritos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1 .....	118
Figura 5. 35 Concentración de color en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5.....	118
Figura 5. 36 Concentración de turbiedad en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5 .....	119
Figura 5. 37 Concentración de hierro en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5.....	119

Figura 5. 38 Concentración de manganeso en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5 .....120

Figura 5. 39 Concentración de manganeso en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5 .....120

Figura 5. 40 Concentración de nitritos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5..... 121

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en las cabeceras cantonales de Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo, con la finalidad de diagnosticar los sistemas de abastecimiento de agua potable de estas tres poblaciones, mediante los análisis de laboratorio del agua cruda y tratada para comprobar que el sistema en su conjunto opera en condiciones seguras y en caso de que los resultados de laboratorios señalen ciertas falencias se presentan posibles soluciones que ayuden a mejorar la calidad del agua.

En primera instancia se realizó un recorrido para identificar el estado actual de los puntos de captación del agua, las plantas de tratamiento, y los tanques de reservas.

Después se obtuvo una recopilación de los reportes de laboratorio de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo, estos fueron facilitados por los municipios de los tres cantones en estudio. Los resultados de los laboratorios fueron tabulados y comparados frente a valores de referencia establecidos por las normas de calidad del agua TULSMA 2011, INEN 1108:2014 y OMS 2011.

Según los resultados de laboratorio demostraron que el agua potable en la zona urbana del cantón Santa Lucía es de buena calidad. Mientras que en la cabecera cantonal de Colimes la calidad del agua tratada se ve afectada en varios parámetros, los más concurrente son el color, manganeso, nitritos y coliformes fecales. En la cabecera cantonal de Pedro Carbo el agua presenta problemas de cromo, color, manganeso y carga bacteriana.

El análisis de estos resultados dieron el enfoque principal para realizar el diagnóstico, información que llevo al planteamiento de posibles alternativas y acciones para mantener o en tal caso mejorar la calidad del agua. Estas se presentan en el capítulo 8 del presente trabajo.

**Palabras Claves:** (abastecimiento, agua, parámetros, calidad, diagnóstico, alternativas)

## ABSTRACT

This research was conducted in the county seats of Santa Lucia, Colimes and Pedro Carbo, in order to diagnose the systems of water supply of these three populations, through laboratory analysis of raw and treated water to check that the whole system operates in safety ways and according to lab results indicate certain shortcomings, possible solutions will be given to help in the improvement of water quality.

In the first instance a walk through was conducted to identify the current state of the catchment water points, treatment plants, tanks and reserves.

After a compilation of laboratory reports of physical, chemical and microbiological parameters of drinking water was obtained, these were provided by the municipalities of the three cantonal head upon study. The laboratory results were tabulated and compared against reference values established by the standards of water quality TULSMA 2011, INEN 1108: 2014 and WHO 2011.

According to laboratory results showed that drinking water in urban areas of Canton St. Lucia is of good quality. While in the cantonal head of Colimes the quality of treated water is affected by several parameters, the most concurrent are color, manganese, nitrites and fecal coliforms. In the cantonal head of Pedro Carbo water shows problems of chrome, color, manganese and bacterial load.

The analysis of these results gave the main focus for the diagnosis, information that led to the approach of possible alternatives and actions to maintain or improve in this case water quality. These are presented in Chapter 8 of this work.

**Keywords:** (Water supply, water, parameters, quality, diagnosis, alternative)

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

### **1.1 Formulación del problema de investigación**

¿Qué eficacia tienen los sistemas de agua potable existentes en la zona urbana de los cantones Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo en relación a los resultados de los análisis de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda y potable frente a los valores establecidos por las normas de calidad de agua?

### **1.2 Justificación**

La Organización Mundial de la Salud OMS (2006) informa que el consumo de aguas contaminadas tiene como consecuencia gran repercusión en la salud de las personas. Existen diferentes organismos dedicados a establecer normas para mejorar la calidad del agua de consumo, medidas que proporcionan beneficios significativos para la salud pública.

El riesgo más frecuente para la salud asociada al agua de consumo es la contaminación microbiana. La comprobación de la calidad microbiológica del agua, por lo general se la realiza mediante el análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal. En caso de incidencia alta de enfermedades virales y parasitarias en la comunidad, la OMS (2006) recomienda incluir en los análisis microorganismos más resistentes, como bacteriófago o esporas bacterianas. La comprobación implica análisis del agua cruda y tratada.

La mayoría de los productos químicos que se encuentran en el agua de consumo, sólo representan un riesgo para la salud si se produce una exposición prolongada, suelen controlarse mediante análisis periódicos de la calidad del agua y su comparación con valores de referencia.

En ocasiones la calidad del agua puede variar rápidamente. Por ejemplo, la presencia de lluvias puede originar el aumento en gran cantidad de contaminantes en las fuentes de abastecimientos. Este evento debe tomarse en cuenta a la hora de interpretar los resultados de los análisis.

La realización de este trabajo permitirá brindar a las cabeceras cantonales de Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo una verificación final para comprobar que el sistema de abastecimiento de agua de consumo opera en condiciones seguras, mediante la comparación de análisis de laboratorios físicos químicos y microbiológicos del agua, frente a los valores establecidos por las normas vigentes de calidad del agua.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Diagnosticar los Sistemas de Agua Potable existentes en las zonas urbanas de los cantones Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo de la Provincia del Guayas, por medio de los análisis de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda y potable, para proponer posibles soluciones que mejoren la calidad del agua de consumo.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- Evaluar el estado actual del sistema de agua potable existentes en las zonas urbanas de los cantones Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo, por medio de los reportes de análisis de agua cruda y potable que se han realizado en cada cantón, para compararlos frente a las normas de calidad del agua.
- Realizar tablas y gráficos estadísticos con los reportes de análisis de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos del agua cruda y potable, para analizar e interpretar los resultados con el fin de sugerir la toma de decisiones más eficaz.
- Recomendar a partir de la información procesada posibles soluciones que mejoren la calidad del agua de consumo, para que se cumpla con las normas de calidad establecidas.

## **1.4 Hipótesis**

Los sistemas de agua potable existentes en la zona urbana de los cantones Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo, en relación a los reportes de análisis de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos del agua de consumo, deben mejorar el sistema de control de calidad del agua para optimizar los procesos de tratamientos.

## **1.5 Limitaciones**

Existen algunas limitaciones para la presente investigación. Entre las más acuciantes se encontraron:

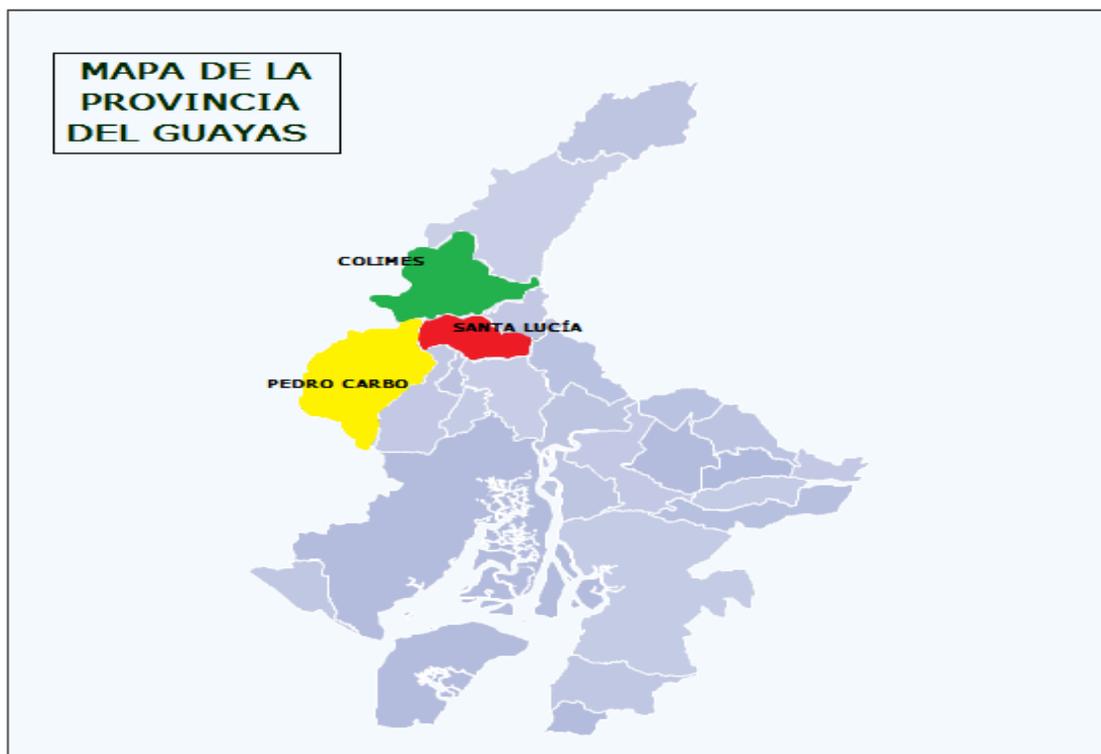
- Falta de documentación técnica sobre el sistema de abastecimiento de agua potable debido a un mal control o sustracciones de los documentos técnicos.
- La falta de suficientes reportes de análisis de laboratorios físicos, químicos y microbiológicos en muestras de aguas crudas y tratadas, tomadas en diferentes puntos del sistema de agua potable de los tres cantones.

## **Capítulo 2**

### **Generalidades sobre las poblaciones investigadas**

## 2.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se llevó a cabo en las cabeceras cantonales de Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo de la provincia del Guayas.



**Figura 2. 1 Mapa de la Provincia del Guayas**

Fuente: Adoptado del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Población y Demografía. Resultados del Censo 2010.

**Cantón Santa Lucía:** La cabecera cantonal de Santa Lucía se encuentra ubicada a 63 km de Guayaquil. Limita al Norte con los cantones Colimes y Palestina, al Sur con Daule y Lomas de Sargentillo, al Este con Urbina Jado y al Oeste con Pedro Carbo. Tiene una extensión de 354 Km<sup>2</sup> (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.a).

**Cantón Colimes:** Se encuentra ubicada a 140 km de Guayaquil. Tiene una extensión territorial de 755 Km<sup>2</sup>. Limita al Sur con el Cantón Palestina y al Norte con Balzar, al oriente limita con la provincia de Los Ríos y al Occidente con Manabí (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.b).

**Cantón Pedro Carbo:** El cantón Pedro Carbo geográficamente se encuentra al noroeste y a 65 Km de Guayaquil. Tiene una extensión territorial de 940 Km<sup>2</sup>. Limita al Norte y Oeste con el cantón Paján (provincia de Manabí), al Sur con Santa Elena, al Este con Isidro Ayora y Colimes (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.c).

## 2.2 Población urbana

Los datos obtenidos del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) son de los años 2001 y 2010 (Tabla 2.1).

**Tabla 2. 1: Número de habitantes por cantón**

<b>CANTÓN</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN URBANA</b>
<b>SANTA LUCÍA</b>	2001	6.958
	2010	8.810
<b>COLIMES</b>	2001	4.688
	2010	6.191
<b>PEDRO CARBO</b>	2001	16.534
	2010	20.220

El INEC indica la siguiente fórmula para calcular la tasa de crecimiento promedio anual. Es el crecimiento anual por cada 100 habitantes.

$$r = \ln \frac{N_t}{N_0} * \frac{1}{t} * (100)$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento promedio anual

N<sub>t</sub>= Población en el año t

N<sub>0</sub>= Población en el año base

t = Tiempo en años

ln= Logaritmo natural

$$r_{Santa\ Lucía} = \ln \frac{8.810}{6.958} * \frac{1}{9} * (100) = 2,62 \%$$

$$r_{Colimes} = \ln \frac{6.191}{4.688} * \frac{1}{9} * (100) = 3,09 \%$$

$$r_{Pedro\ Carbo} = \ln \frac{20.220}{16.534} * \frac{1}{9} * (100) = 2,24 \%$$

La Tabla 2.2 muestra la tasa de crecimiento anual del periodo 2001-2010 para zona urbana de los tres cantones.

**Tabla 2. 2: Tasa de crecimiento anual**

<b>CANTÓN</b>	<b>r (%) 2001-2010</b>
<b>SANTA LUCÍA</b>	2,62
<b>COLIMES</b>	3,09
<b>PEDRO CARBO</b>	2,24

### **2.3 Actividades económicas**

Según el INEC (2010) señala que las principales actividades económicas del cantón Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo son la agricultura, ganadería,

sivicultura y pesca seguidas del comercio al por mayor y menor (Ver Figura 2.2, 2.3 y 2.4).

**Cantón Santa Lucía:** El principal producto que se cultiva es el arroz, le siguen el café, cacao, tabaco, caña de azúcar entre otros. En las haciendas del cantón se cría ganado vacuno, porcino y caballar. Otra de las actividades que se realizan es la apicultura o cría de abejas por medio de las cuales producen miel y cera. Muchos de sus habitantes trabajan en la elaboración de artículos artesanales como muebles, escobas de paja y bejuco montañero (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.a).



**Figura 2. 2 Población del Cantón Santa Lucía ocupada por rama de actividad**

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Censo de Población y Vivienda 2010

**Cantón Colimes:** El principal producto que se cultiva es el arroz, le siguen el cacao, café, tabaco, banano, entre otras y gran variedad de frutas tropicales. Trabajan en la crianza de ganado vacuno, porcino y aves de corral. También existen peces de río como sábalos, damas, bocachicos y cherres, que son parte de la dieta de la población (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.b).



**Figura 2. 3 Población del Cantón Colimes ocupada por rama de actividad**

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Censo de Población y Vivienda 2010

**Cantón Pedro Carbo:** Los productos que se cultivan son el arroz, maíz, algodón, girasol, maní y banano. Existen zonas dedicadas a la crianza de ganado, especialmente vacuno y caprino. Hay un lugar llamado la Chonta, donde se procesa el algodón. Algunos pobladores son hábiles ebanistas y tejedores de paja toquilla (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.c).



**Figura 2. 4 Población del Cantón Pedro Carbo ocupada por rama de actividad**

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC -Censo de Población y Vivienda 2010

## 2.4 Acceso a los servicios básicos

### 2.4.1 Transporte y acceso.

**Santa Lucía:** Sus vías de acceso están asfaltadas y en buenas condiciones. La cooperativa Santa Lucía tiene este destino, el viaje dura algo más de una hora desde Guayaquil.

**Colimes:** El acceso al Cantón Colimes se lo realiza por el puente inaugurado en el año 2008 (Figura 2.5) y por una carretera de primer orden.



**Figura 2. 5 Puente de Colimes**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

Las cooperativas de buses que tienen como destino este cantón son: Rutas Colimeñas y Rutas Balzareñas, el viaje dura aproximadamente 2 horas desde Guayaquil.

**Cantón Pedro Carbo:** Por ser una población que se encuentra en el kilómetro 65 vía a Manabí, cuenta con un sinnúmero de transportes interprovinciales que cruzan por el centro poblado, los cuales vienen de Manabí a Guayaquil o en sentido contrario permitiendo que la población de Pedro Carbo, hagan usos de estas unidades como medio de transporte.

Sus vías de acceso están asfaltadas y pavimentadas en buenas condiciones, las siguientes cooperativas tienen este destino: Mi Piedacita, Pedro Carbo, Jipijapa, Reina del Camino y La Colimeña, el viaje dura una hora desde Guayaquil.

Otro medio de transporte, empleado en los tres cantones es el de las tricimotos, las cuales transportan a las personas dentro del casco urbano y poblaciones cercanas.



**Figura 2. 6 Zona urbana de Colimes-presencia de tricimotos**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

### **2.4.2 Energía eléctrica.**

Las poblaciones de Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo cuenta con energía eléctrica las 24 horas del día. La red de energía eléctrica está conectada al sistema interconectado nacional. La cobertura de suministro es aproximadamente del 100%, con energía de 110 v., 220 v.

### **2.4.3 Educación.**

De acuerdo al INEC (2010) la tasa de analfabetismo de personas igual o mayores a 15 años de edad, son las siguientes:

- **Cantón Santa Lucía**.....15,5 %
- **Cantón Colimes**.....16,6 %
- **Cantón Pedro Carbo**.....16,5 %

Para los tres cantones la tasa de analfabetismo se encuentra por encima de la tasa nacional que corresponde a 6,8 %.

El INEC (2010) informa que la cobertura del sistema de educación pública es la siguiente:

- **Cantón Santa Lucía**.....86,7 %
- **Cantón Colimes**.....88,8 %
- **Cantón Pedro Carbo**.....82,6 %

De acuerdo al INEC (2010) los porcentajes de hogares con niños de 5 a 14 años de edad que no asisten a un establecimiento son los siguientes:

- **Cantón Santa Lucía**.....8,6 %
- **Cantón Colimes**.....10,3 %
- **Cantón Pedro Carbo**.....8,4 %

#### **2.4.4 Salud.**

Según el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador SIISE (2010) la tasa de desnutrición crónica de niños menores a seis años de edad son las siguientes:

- **Cantón Santa Lucía**.....12,60 %
- **Cantón Colimes**.....39,30 %
- **Cantón Pedro Carbo**.....52 %

La tasa de mortalidad infantil según el SIISE (2010), son las siguientes:

- **Cantón Santa Lucía**.....13,10 %
- **Cantón Colimes**.....34,9 %
- **Cantón Pedro Carbo**.....34,9 %

## 2.5 Clima

**Cantón Santa Lucía:** Está asentada a 6 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 25°C y su precipitación promedio anual está entre 1500 y 2500 mm (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.a).

**Cantón Colimes:** Está asentada a 34 m.s.n.m., su temperatura promedio anual es de 25°C y una precipitación promedio anual de 1200mm (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.b).

**Cantón Pedro Carbo:** Parte de su territorio se encuentra influenciado por el bosque seco tropical. Está asentada a 97 m.s.n.m., su temperatura promedio es de 27°C y su precipitación promedio anual es de 793 mm, valor que se produce en un 95% durante los meses de lluvia, comprendido de diciembre a mayo; en los meses restantes se presenta un periodo seco en el cual las precipitaciones son escasas y el caudal del río Pedro Carbo disminuye hasta quedar completamente seco (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.c).



**Figura 2. 7 Panorama del río Pedro Carbo durante la época seca**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Pedro Carbo. 2014).

## 2.6 Geología

**Cantón Santa Lucía:** El cantón Santa Lucía se asienta en sedimentos cuaternarios conformados por arcillas, limos y arenas de granulometrías finas a medias dispuestos en terrazas fluviales (Alcívar, 2013).

**Cantón Colimes:** El cantón Colimes presenta aspecto de colina con suelos arenoso; su territorio es irregular con pocas elevaciones de poca altura tales como Los Monos, Las Raíces y Las Lozas (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.b).

**Cantón Pedro Carbo:** La población se asienta en un estrato de areniscas meteorizadas de unos tres metros de espesor. Por debajo se encuentra un paquete de alternancias disimétricas de tobas y areniscas, con un total de unos dos metros de espesor. Un potente estrato de areniscas subyace la secuencia descrita hasta el fondo del cauce del río Pedro Carbo. Es muy posible que debido a la naturaleza de la sedimentación, se presenten variaciones geométricas, tanto laterales como en profundidad, con relación a la secuencia descrita (Alcívar, 2010).

## 2.7 Hidrografía

**Cantón Santa Lucía:** La población de Santa Lucía se ubica en la margen izquierda del río Daule. La cuenca es un área de descarga de los acuíferos pedemontanos (Gobierno Provincial del Guayas, s.f.a).

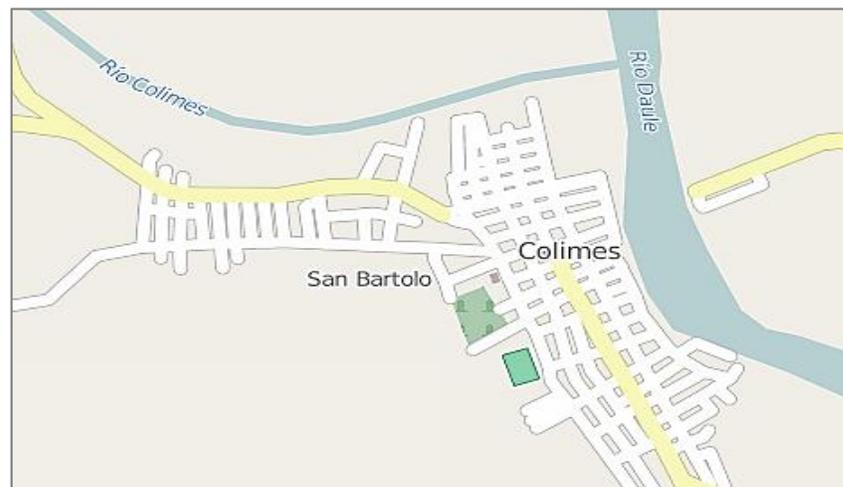


**Figura 2. 8 Mapa físico Cantón Santa Lucía**

Fuente: Google Earth - Mapa físico satelital, Santa Lucía, Guayas, Ecuador. (2014)

**Colimes:** Desde el Oeste vienen los ríos Pajan y Lascano que al unirse forman el río Colimes que desemboca al oriente con el río Daule.

El río Daule recibe las aguas de los ríos Colimes, Perineo, Sequel, y Mosul que le sirven de límite con la provincia de los Ríos. Siendo el río Colimes su principal afluente que en época seca en su parte alta pasa estancado o simplemente no tiene agua en las sequías prolongadas.



**Figura 2. 9 Mapa físico Cantón Colimes**

Fuente: Google Earth - Mapa físico satelital. Colimes, Guayas, Ecuador. (2014)

También se destacan algunos esteros a nivel cantonal tales como: Bufay, Calderón, El Mate, Guabal, Jujanal, Limón, Mesa, Perineo, Pigio, Pozo Hondo, San Vicente, Sequel y Sequillo.

**Pedro Carbo:** El sistema hidrográfico del río Pedro Carbo se desarrolla en cauces con un declive medio y en proceso de estabilización; con tributarios secundarios que nacen en las estribaciones de la cordillera costanera, alimentados casi exclusivamente por escorrentía superficial, producto de las intensas lluvias, que generalmente ocurren durante los meses de enero a mayo (Alcívar, 2010).

Por las fuertes pendientes, lo impermeable del suelo y las distancias relativamente cortas que los tributarios recorren hasta el valle, luego de una precipitación intensa los riachuelos tienen la capacidad de incrementar rápidamente sus caudales convirtiéndose en cursos de agua torrencial, rápidos y turbulentos y con gran poder de erosión, formando zanjones de dimensiones y formas variables según la dureza de los materiales por donde fluyen (Alcívar, 2010).



**Figura 2. 10 Mapa físico Cantón Pedro Carbo**

Fuente: Google Earth - Mapa físico satelital. Pedro Cabo, Guayas, Ecuador. (2014)

## **Capítulo 3**

### **Sistema de abastecimiento de agua potable**

Se presenta a continuación los sistemas de abastecimiento de agua potable para las cabeceras cantonales de Santa Lucía, Colimes y Pedro Carbo.

#### **3.1 Cantón Santa Lucía**

##### **3.1.1 Fuente de agua superficial.**

En la actualidad la fuente de abastecimiento de la zona urbana del cantón Santa Lucía es de agua superficial captada del Río Daule.

##### **3.1.2 Sistema de tratamiento de agua potable.**

Previo a su distribución el agua cruda que se capta del Río Daule pasa por un tratamiento por medio de dos plantas potabilizadoras, planta Intal y UPA.

###### ***3.1.2.1 Planta Intal.***

Esta planta se encuentra ubicada en el sector San Javier de la cabecera cantonal de Santa Lucía. Es una planta modular compacta, armada y preensamblada en fábrica, realiza continua y simultáneamente las operaciones de potabilización se construyó en el año 2009 y empezó a operar en el 2010.

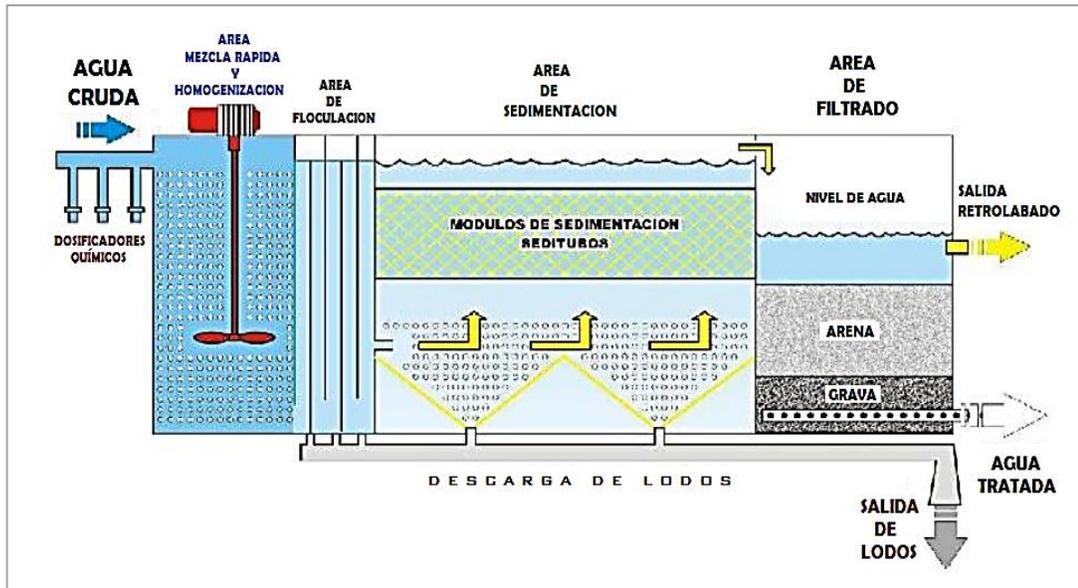


**Figura 3. 1 Planta compacta Intal, sector San Javier- Cantón Santa Lucía**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

Está diseñada para un caudal de 25 L/s, 1500 L/min, 90.000 L/hora, 2'160.000 L/día, que con una tasa de consumo de 150 L/habitante\*día abastece a una población de 14.400 personas.

La planta Intal potabilizadora de agua realiza simultáneamente las siguientes operaciones (ver Figura 3.2):

- Mezcla
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación y
- Filtración



**Figura 3. 2 Esquema de planta compacta potabilizadora**

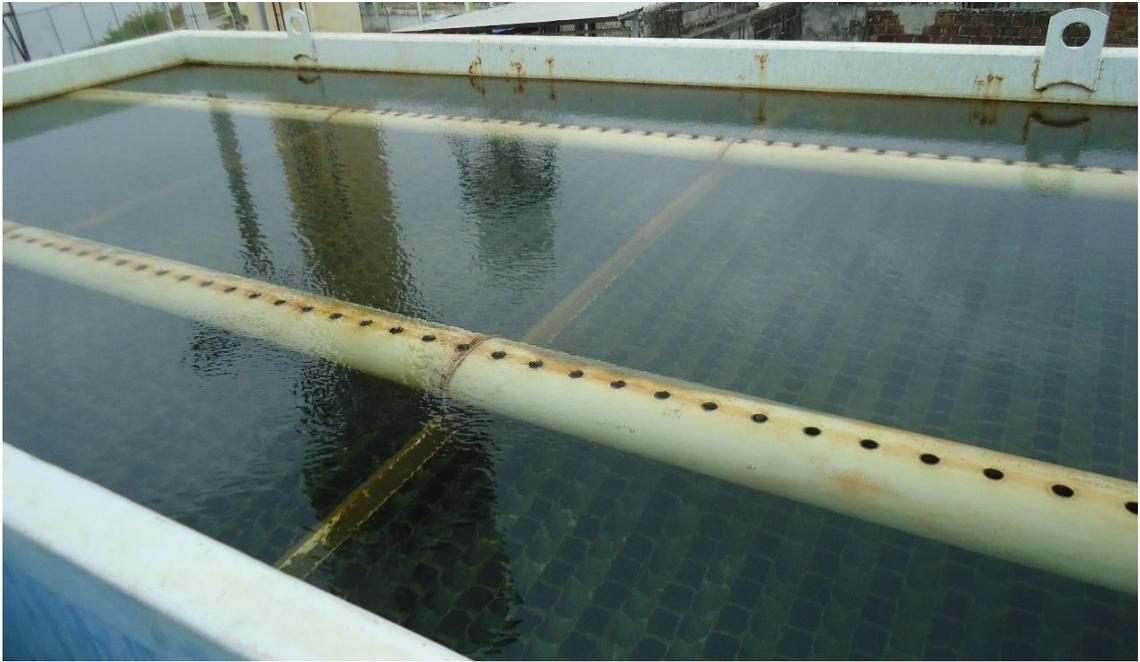
Fuente: Empresa de agua potable y alcantarillado de Santa Lucía. *Planta Compacta, Código: PC-AN-25-09*. Manual del usuario planta potabilizadora 25 LPS.

### 3.1.2.1.1 Proceso de potabilización del agua.

En base al recorrido de campo se pudo observar que el agua es captada del Río Daule por medio de dos bombas de 15 HP cada una funciona con energía monofásica. El agua cruda antes de ingresar a la planta de tratamiento es inyectada en la tubería con hipoclorito de sodio y coagulantes mediante una bomba dosificadora.

A continuación el agua ingresa al primer módulo de mezcla rápida y coagulación, luego pasa al área de floculación, después ingresa a los tanques de sedimentación (Figura 3.3). Posteriormente el agua pasa al tanque de filtración el cual está compuesto por grava y arena.

Finalmente el agua sale de la planta y es trasladada a dos tanques bajos de hormigón armado de 20 m<sup>3</sup> y de 600 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento donde recibe desinfección con cloro gas.



**Figura 3. 3 Módulo de sedimentación de la planta Intal, sector San Javier – Cantón Santa Lucía**

[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

El agua de las reservas bajas es impulsada por medio de dos bombas eléctricas una de 15 HP y otra de 20 HP, que funcionan con energía trifásica a un tanque elevado circular de hormigón armado con una capacidad de 90 m<sup>3</sup> de almacenamiento y cota de elevación de 20 m (Figura 3.4). Por último el agua es distribuida por gravedad a la población.



**Figura 3. 4 Reserva alta, Sector San Javier**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

### **3.1.2.2 Planta UPA 200T.**

Esta segunda planta se encuentra ubicada también en el sector San Javier de la cabecera cantonal de Santa Lucía a unos 10 m de separación de la planta Intal. Es una planta modular compacta, armada y preensamblada en fábrica, realiza continua y simultáneamente las operaciones de potabilización se construyó en el año 2003 y empezó a operar en el 2005.



**Figura 3. 5 Planta potabilizadora de agua UPA, sector San Javier**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

Está diseñada para un caudal de 6,94 L/s, 416,4 L/min, 24.984 L/hora, 599.616 L/día, que con una tasa de consumo de 150 L/habitante\*día abastece a una población de 3.997 personas.

La planta UPA potabilizadora de agua realiza simultáneamente las siguientes operaciones:

- Mezcla
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación y
- Filtración
- 

#### *3.1.2.2.1 Proceso de potabilización del agua.*

En base al recorrido de campo se pudo observar que el agua es captada del Río Daule por medio de una bomba de 7,5 HP que funcionan con energía monofásica y antes de ingresar a la planta el agua cruda es inyectada con hipoclorito de sodio y coagulantes en la tubería mediante una bomba dosificadora.

A continuación el agua cruda entra a la planta donde simultáneamente pasa por las siguientes operaciones: mezcla rápida (ver Figura 3.6), floculación, sedimentación y filtración por medio de grava y arena. Las descargas de lodos se las hacen cada 15 o 20 minutos (ver Figura 3.8).



**Figura 3. 6 Tanque de mezcla rápida**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).



**Figura 3. 7 Planta UPA, sector San Javier-Cantón Santa Lucía**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).



**Figura 3. 8 Descarga de lodos Planta UPA, Sector San Javier**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

El agua que sale de la planta es trasladada por medio una tubería de PVC a un tanque bajo metálico de 9 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento donde recibe desinfección con cloro gas.

El agua de la reserva baja es impulsada por medio de una bomba eléctrica de 15 HP a un tanque elevado circular metálico, con una capacidad de 60 m<sup>3</sup> de almacenamiento, con una cota de elevación de 17 m (Figura 3.9).



**Figura 3. 9 Reserva alta, Sector San Javier**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Santa Lucía. 2014).

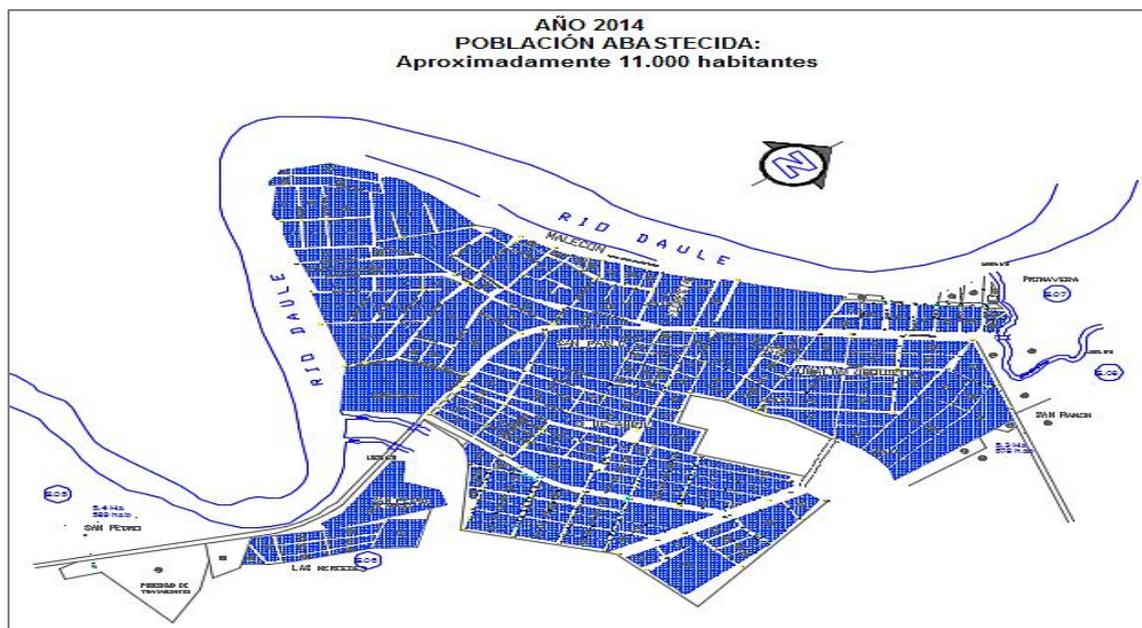
De la investigación se concluye que el caudal de producción de las plantas de agua potable para la zona urbana es el siguiente:

Planta UPA----- Q= 25 L/s

Planta Intal----- Q= 6,95 L/s

### 3.1.3 Red de distribución de agua potable.

En la actualidad la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado del cantón Santa Lucía no cuenta con planos digitales de la red de distribución de agua potable ya que la administración anterior no le hizo entrega de esta información. Por lo cual no se pudieron determinar las longitudes ni diámetros de tuberías existentes.



**Figura 3. 10 Población abastecida de agua potable en la cabecera cantonal de Santa Lucía**

Fuente: Adaptado de Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía (2014). Plano del cantón Santa Lucía.

### 3.1.4 Tarifas.

En la cabecera cantonal de Santa Lucía existes 2.200 familias que se abastecen del agua potable, de las cuales 1.600 cuentan con medidor y 600 no tienen medidor. La cobertura actual de agua potable es de aproximadamente 95%.

- Valor de cobro por agua en viviendas con medidor de agua 0,40 cent.....1 m<sup>3</sup> de agua.
- Valor de cobro por agua en vivienda sin medidor de agua 0,45 cent.....10m<sup>3</sup> (tarifa base).

## 3.2 Cantón Colimes

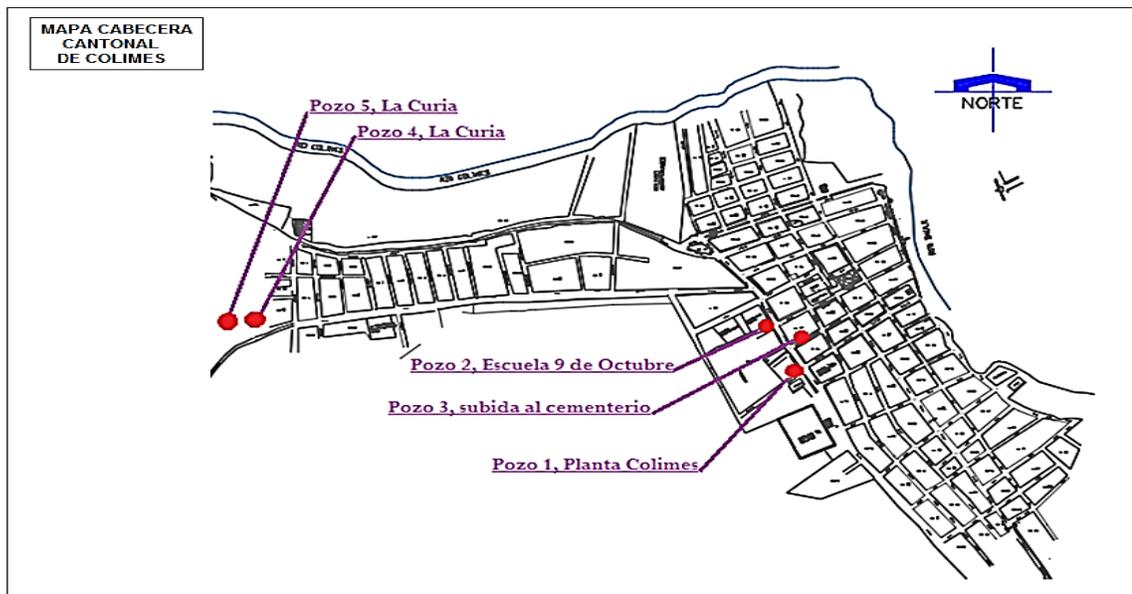
### 3.2.1 Sistema de captación de agua subterránea.

En la actualidad la fuente de abastecimiento de la zona urbana de Colimes es de agua subterránea extraída de cinco pozos profundos.

**Tabla 3. 1: Fuentes de agua subterránea de la zona urbana de Colimes**

<b>POZOS</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>AÑO QUE EMPEZARON A OPERAR</b>
Pozo 1	Planta Colimes	1982
Pozo 2	Escuela 9 de Octubre	1998
Pozo 3	Subida al cementerio	2008
Pozo 4	La Curia	2011
Pozo 5		2012

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillada de Colimes (2014).



**Figura 3. 11 Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano del Cantón Colimes**

Fuente: Adaptado de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillada Pedro Carbo. Plano del Cantón Colimes (2014)

En base al recorrido de campo se pudo observar que el aprovisionamiento de agua se lo hace de la siguiente manera:

**Pozo 1, Planta Colimes:** Existe un pozo con una profundidad de 42 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 27 m de profundidad, con una potencia de 7,5 HP que funciona con energía trifásica, el cual es abastecido con dos transformadores cada uno de 20 KVA. El pozo tiene un caudal máximo de explotación 11,66 L/s y suele disminuir hasta 5,83 L/s.



**Figura 3. 12 Pozo 1, Planta Colimes**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

En el sector también existe un generador de energía de 2000 KVA.

**Pozo 2, Escuela 9 de Octubre:** Existe un pozo con una profundidad de 72 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 46m de profundidad, con una potencia de 7,5 HP que funciona con energía monofásica. El pozo tiene un caudal máximo de explotación 7,8 L/s y suele disminuir hasta 3,9 L/s.



**Figura 3. 13 Pozo 2, Escuela 9 de octubre**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

**Pozo 3, subida al cementerio:** Existe un pozo con una profundidad de 72 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 34 m de profundidad, con una potencia de 5 HP que funciona con energía monofásica. El pozo tiene un caudal de explotación 5,7 L/s.



**Figura 3. 14 Pozo 3, Subida al cementerio**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

**Pozo 4, sector La Curia:** Existe un pozo con una profundidad de 30 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 25 m de profundidad, con una potencia de 1/2 HP que funciona con energía monofásica. El pozo tiene aproximadamente un caudal de explotación 0,1 L/s. Tiene una tubería de impulsión de PVC 2 pulgadas.



**Figura 3. 15 Pozo 4, Sector La Curia**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

**Pozo 5, sector La Curia:** Existe un segundo pozo en el sector La Curia con una profundidad de 72 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 46 m de profundidad, con una potencia de 3 HP que funciona con energía monofásica. El pozo tiene un caudal de explotación 5 L/s. Tiene una tubería de impulsión de PVC 2 pulgadas.



**Figura 3. 16 Pozo 5, Sector La Curia**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

### 3.2.2 Proceso de potabilización del agua.

El agua extraída del pozo 1 pasa primero por un sistema de cloración por medio de una bomba dosificadora que inyecta el cloro, después pasa a un proceso de aireación y luego pasa al tanque bajo de hormigón armado de forma circular con una capacidad de 200 m<sup>3</sup>.



**Figura 3. 17 Tanque para cloración**



**Figura 3. 18 Proceso de aireación**

[Fotografías de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

Para poder impulsar el agua de la reserva baja a las reservas altas, existe una estación de bombeo compuesta de dos bombas eléctricas con una potencia de 7,5 HP cada una las cuales funcionan con energía trifásicas.



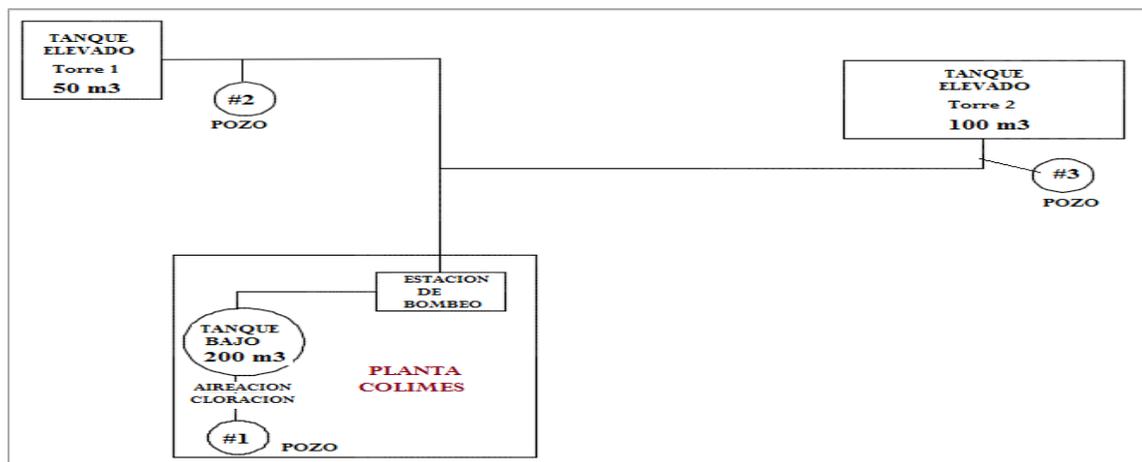
**Figura 3. 19 Reserva baja**



**3. 20 Caseta de bombas**

[Fotografías de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

Un porcentaje del agua tratada del pozo 1 es trasladada por medio de tubería PVC al sector Escuela 9 de octubre para mezclarse con el agua cruda del pozo 2 y después ser impulsada a la torre 1. El otro porcentaje del agua tratada del pozo 1 es enviada por medio de tubería de PVC al sector subida del cementerio para mezclarse con el agua cruda del pozo 3 y ser impulsada a la torre 2 (ver Figura 3.21).



**Figura 3. 21 Esquema del sistema de agua potable (pozo 1, 2, y 3)**

Elaborado por Yomaira Caicedo en base a recorrido de campo en Colimes 26/11/2014.

La torre 1 está ubicada al lado de la Escuela 9 de Octubre, es un tanque elevado circular y de hormigón armado con una capacidad de 50 m<sup>3</sup> de almacenamiento, con una cota de elevación de 24 m, tiene una tubería de distribución de 4 pulgadas (Figura 3.22).

La torre 2 está ubicado a la subida del cementerio, es un tanque elevado circular y de hormigón armado con una capacidad de 100 m<sup>3</sup> de almacenamiento, con una cota de elevación de 24 m, tiene una tubería de distribución de 4 pulgadas (Figura 3.23).



**Figura 3. 22 Torre 1**

[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).



**Figura 3. 23 Torre 2**

Por último el agua es distribuida desde los dos tanques elevados por gravedad a una zona de la población (ver Figura 3.27).

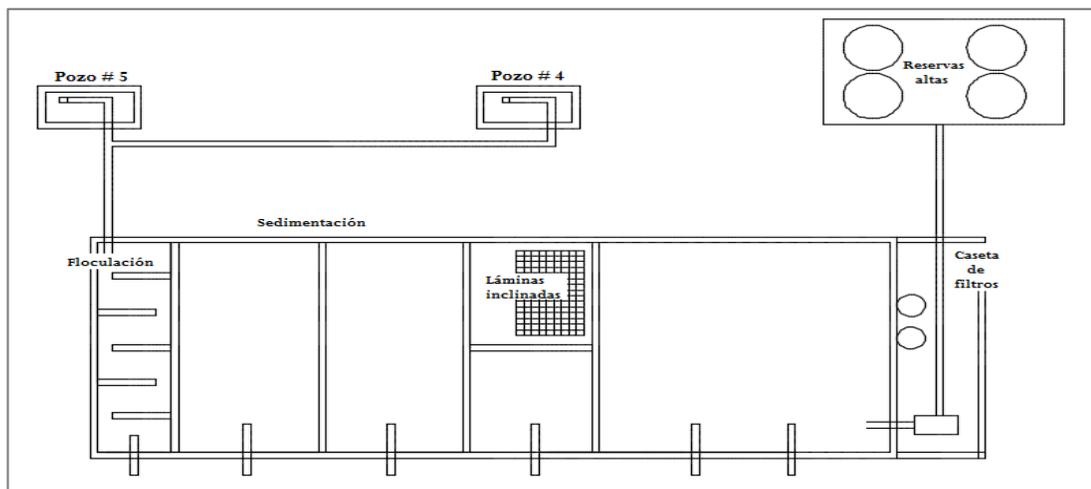
### **Pozo 4 y 5:**

Previo a su distribución el agua que es extraída del pozo 4 y 5 pasa por un tratamiento por medio de una planta potabilizadora, La Curia.

**Planta La Curia:** Esta planta potabilizadora se encuentra ubicada en el sector La Curia del cantón Colimes, es compacta y de hormigón armado. Empezó a operar en el año 2012.

La planta La Curia está diseñada para un caudal 2,78 L/s, 166,67 L/min, 10.000 L/hora, 240.004,8 L/día, que con una tasa de consumo de 150 L/día\*habitantes abastece para una población de 1.600 personas. Realiza continua y simultáneamente las siguientes operaciones (ver Figura 3.24):

- Pre cloración y floculación
- Sedimentación
- Sedimentación por placas inclinadas
- Pos cloración
- Filtración



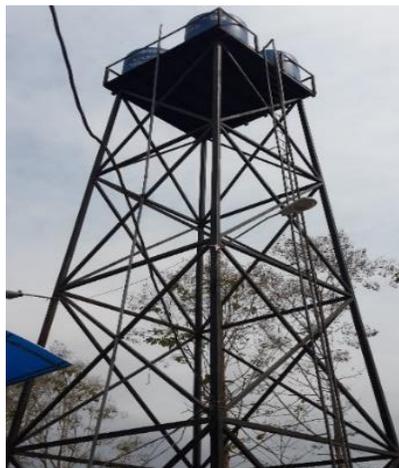
**Figura 3. 24 Vista en planta – Planta potabilizadora del sector La Curia**  
Elaborado por Yomaira Caicedo en base a recorrido de campo en Colimes 26/11/2014.

Al inicio de la línea de ingreso del agua cruda se inyecta cloro, policloruro de aluminio y cal mediante una bomba dosificadora. Después el agua pasa al primer módulo de floculación, luego entra a los tanques de sedimentación y finalmente pasa por los filtros

El agua tratada es impulsada a una torre donde se encuentran instalados cuatro tanques de PVC de 5 m<sup>3</sup> cada uno, los cuales están interconectados entre sí, con una capacidad total de 20 m<sup>3</sup> de almacenamiento, su cota de elevación es de 18 m y tiene una tubería de distribución de 2 pulgadas (Figura 3.26).



**Figura 3. 25 Tanques contenedores de químicos**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).



**Figura 3. 26 Tanque elevado, sector La Curia**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Colimes. 2014).

Por otro lado el agua que sale tratada de la planta La Curia es distribuida a 400 familias en la zona urbana y 60 familias en la zona rural (Referencia personal 1). En base estos datos se puede decir que aproximadamente el 85% del caudal de agua que genera La Curia es distribuido hacia la zona urbana.

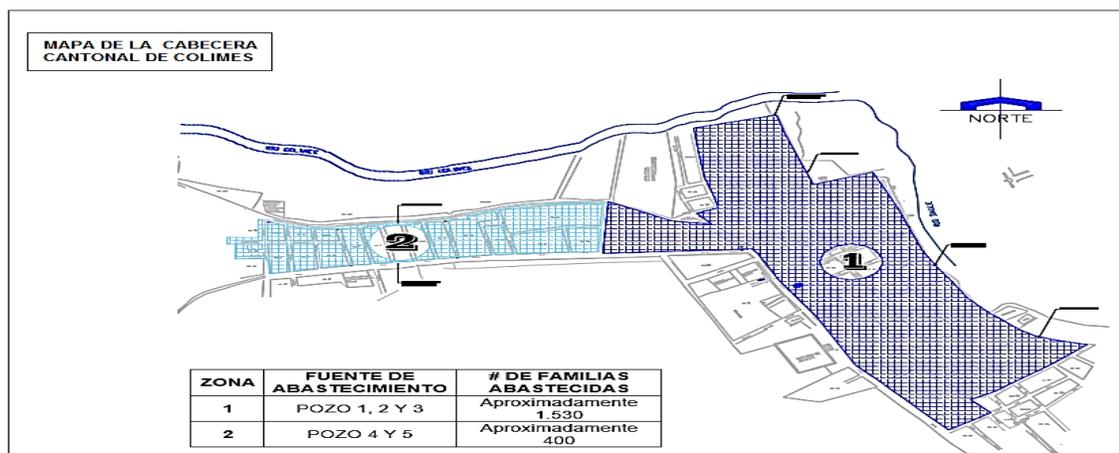
De la investigación se concluye que el caudal de producción de los pozos para la zona urbana es el siguiente:

**Tabla 3. 2: Caudales de explotación-Cantón Colimes**

POZOS	CAUDAL
	L/s
Pozo 1	11,66
Pozo 2	7,8
Pozo 3	5,7
Pozo 4 y 5	4,34

Dando como caudal total de explotación igual a: 29,5 L/s.

### 3.2.3 Red de distribución.



**Figura 3. 27 Zona Abastecida de agua potable en la cabecera cantonal de Colimes,**

Fuente: Empresa de Agua potable y Alcantarillado de Colimes. Mapa de la cabecera cantonal de Colimes Elaborado por Yomaira Caicedo en base a recorrido de campo en Colimes 26/11/2014.

En la actualidad la red de distribución de agua potable de la cabecera cantonal de Colimes tiene una cobertura aproximadamente del 92 % de la población.

La red de distribución de agua cuenta aproximadamente con 2.302,38 m de tubería. El 100% de la tubería es de material PVC.

**Tabla 3. 3: Red de distribución (diámetros y cantidad)**

<b>Tubería</b>	<b>Cantidad</b>
Tubería PVC $\Phi$ 200 mm	171,85 m
Tubería PVC $\Phi$ 160 mm	648,50 m
Tubería PVC $\Phi$ 110 mm	1.171,74 m
Tubería PVC $\Phi$ 63 mm	310,29 m

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes (EMAPA-COLI)

### **3.2.4 Tarifas.**

En la cabecera cantonal de Colimes existen 1.930 familias que se abastecen del agua potable, de las cuales aproximadamente 1.000 cuentan con medidor y 930 no cuenta con este servicio.

- Valor de cobro por agua en viviendas con medidor de agua.....1,20 \$ tarifa base.
- Valor de cobro por agua en viviendas sin medidor de agua..... 2,00 \$ tarifa base.

### 3.3 Cantón Pedro Carbo

#### 3.3.1 Sistema de captación de agua subterránea.

En la actualidad la fuente de abastecimiento de la zona urbana de Pedro Carbo es de agua subterránea extraída de seis pozos profundos.

Tabla 3. 4: Fuentes de agua subterránea de la zona urbana de Pedro Carbo

POZOS	UBICACIÓN	AÑO QUE EMPEZARON A OPERAR
Pozo 1	Fumisa	2004
Pozo 2	Barrio Guayaquil	1998
Pozo 3	Cucharas	1986
Pozo 4	Santa Martha	2013
Pozo 5	Polideportivo	2013
Pozo 6	10 de agosto	2013

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillada Pedro Carbo (2014).



Figura 3. 28 Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano del Cantón Pedro Carbo

Fuente: Adaptado de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillada Pedro Carbo. Plano del Cantón Pedro Carbo (2014).

El aprovisionamiento de agua se lo hace de la siguiente manera:

**Pozo 1, Sector Fumisa:** Existe un pozo con una profundidad de 120 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 70 m de profundidad, con una potencia de 30 HP que funciona con energía trifásica, el cual es abastecido con un transformador 50 KVA. Este pozo tiene un caudal de explotación de 20 L/s.

**Pozo 2, Sector del Barrio Guayaquil:** Existe un pozo con una profundidad de 120 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 84 m de profundidad, con una potencia de 20 HP que funciona con energía trifásica, el cual es abastecido con un transformador 40 KVA. Este pozo tiene un caudal de explotación de 12.33 L/s.



**Figura 3. 29 Pozo 2, sector Barrio Guayaquil**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Pedro Carbo. 2014).

**Pozo 3, Sector Las Cucharas:** Existe un pozo con una profundidad de 120 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 80m de profundidad, con una potencia de 20 HP que funciona con energía trifásica, el cual es

abastecido con un transformador 40 KVA. Este pozo tiene un caudal de explotación de 8,5 L/s.

**Pozo 4, Sector Santa Martha:** Existe un pozo con una profundidad de 120 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 80m de profundidad, con una potencia de 20 HP que funciona con energía trifásica, el cual es abastecido con un transformador 40 KVA. Este pozo tiene un caudal de explotación aproximadamente de 15,46 L/s.

**Pozo 5, Sector Polideportivo:** Existe un pozo profundo con una profundidad de 120 metros, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 80 metros de profundidad, con una potencia de 20 HP. Este pozo tiene un caudal de explotación aproximadamente de 15,46 L/s.

**Pozo 6, Sector 10 de Agosto:** Existe un pozo con una profundidad de 120 m, en el cual está instalada una bomba sumergible ubicada a 80m de profundidad, con una potencia de 20 HP que funciona con energía trifásica, el cual es abastecido con un transformador 40 KVA. Este pozo tiene un caudal de explotación aproximadamente de 15,46 L/s.

### **3.3.2 Sistema de tratamiento de agua potable.**

En base al recorrido de campo se pudo observar que el agua cruda que se obtiene de los seis pozos existentes es conducida a tres tanques bajos de hormigón armado con una capacidad de 800 m<sup>3</sup> cada uno, ubicados en el sector Fumisa. Después el agua en la línea de tubería es inyectada con cloro mediante una bomba dosificadora.



**Figura 3. 30 Reservas bajas, sector Fumisa**  
[Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Pedro Carbo. 2014).

Posteriormente el agua es impulsada por medio de dos bombas de 20 HP cada una hacia dos tanques elevados uno de 50 m<sup>3</sup> y otro de 100 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento, de hormigón armado y de forma circular, el primero tiene una cota en la losa del tanque elevado de 22 m y el segundo 25 m, tienen una tubería de distribución de 4 pulgadas (Figura 3.31).

Los tanques elevados se encuentran ubicados en el sector Fumisa aproximadamente a 70 m de distancia de las reservas bajas. Finalmente el agua es distribuida por gravedad a los pobladores.



**Figura 3. 31 Reservas altas, sector Fumisa**  
 [Fotografía de Yomaira Caicedo]. (Cantón Pedro Carbo. 2014).

De la investigación se concluye que el caudal de producción de los pozos para la zona urbana es el siguiente:

**Tabla 3. 5: Caudales de explotación-Cantón Pedro Carbo**

POZOS	CAUDAL
	L/s
Pozo 1	20,00
Pozo 2	12,33
Pozo 3	8,50
Pozo 4	15,46
Pozo 5	15,46
Pozo 6	15,46

Dando como caudal total de explotación igual a: 87,21 L/s.

### 3.3.3 Red de distribución.

En la actualidad la red de distribución de agua potable de la zona urbana del cantón Pedro Carbo tiene una cobertura aproximadamente del 85%.

**Tabla 3. 6: Red de distribución (diámetros y cantidad)**

<b>Tubería</b>	<b>Cantidad aproximadamente</b>
Tubería PVC $\Phi$ 160 mm	9,29 km
Tubería PVC $\Phi$ 110 mm	6,16 km
Tubería PVC $\Phi$ 90 mm	46,28 km

Fuente: Adaptado de Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pedro Carbo. Plano de red AAPP existente (2010).

### 3.3.4 Tarifas.

En la cabecera cantonal de Pedro Carbo existen 5.368 familias que se abastecen del agua potable, de las cuales aproximadamente el 5% no cuenta con medidor.

- Valor de cobro por agua en viviendas con medidor de agua 4,00 \$.....10m<sup>3</sup> (tarifa base).
- Valor de cobro por agua en viviendas sin medidor de agua 4,00 \$.....10m<sup>3</sup> (tarifa base).

## **Capítulo 4**

### **Calidad ambiental del agua**

En el presente proyecto se escogió como eje principal de la investigación el control de calidad del agua, de acuerdo a parámetros que les son pertinente a cada población; debido a ello, se dará énfasis en la presente investigación, a los resultados sobre la calidad del agua cruda y tratada en las tres poblaciones mencionadas en el acápite (2.1). Luego de ello se procederá, en el siguiente capítulo a mostrar los resultados del control de calidad del agua, para luego proveer información sobre los procesos de tratamiento y proponer posibles soluciones que mejoren la calidad del agua.

Para el presente trabajo se han escogido como claves las características físicas, químicas y biológicas del agua de las tres poblaciones. Para ello debe definirse primeramente algunos conceptos que dan a conocer a continuación.

#### **4.1 Parámetros de calidad de las aguas superficiales y subterráneas**

##### **4.1.1 Características físicas del agua.**

- **Turbidez:** La turbidez de una muestra de agua es la disminución de la transparencia originada por la suspensión de partículas o material coloidal, por eso es recomendable medir la turbidez directamente en el campo o 24 horas después de haber tomado la muestra (Barrera, Oros, Pardo & Pedraza, 2013).

Basándose en el método estándar se puede medir la turbidez observando la diferencia entre la intensidad de luz que sobresale de una muestras de agua y la luz que atraviesa de la misma muestra filtrada (Barrera et al., 2013).

Existen dos métodos para medir la turbidez, nefelométrico que mide la intensidad de la luz dispersada a través de la muestra a noventa grados y fotométrico a diferencia del método anterior lo hace a cuarenta y cinco grados (Barrera et al., 2013).

- **Color:** Barrera et al. (2013) informan que el color en el agua puede deberse a la presencia de sustancias disueltas o de sólidos suspendidos que pueden ser iones metálicos en disolución, humus, materia orgánica.
  - a) ***Color aparente:*** Es el color debido a la materia en suspensión.
  - b) ***Color verdadero:*** Es el color que permanece una vez filtrada la muestra de agua.
- **Temperatura:** Como señala Rocha (2010) la temperatura es un parámetro físico del agua, no es indicador de calidad de agua. Cuando la temperatura aumenta, disminuye la concentración de oxígeno disuelto, esto puede ocasionar trastornos en el ecosistema hidráulico.
- **Sólidos totales:** De acuerdo a Rocha (2010) los sólidos totales son la suma de los sólidos disueltos y en suspensión. Es un buen indicador de la calidad del agua, su composición química, la concentración de sales y otras.

Sólidos totales disueltos (STD): Están constituidos por minerales, metales y sales disueltas que se encuentran presente en el agua y no pueden ser retenidas por filtros. Una de las formas posible de contabilizar la concentración de los sólidos disueltos es midiendo la conductividad del agua (Rocha, 2010).

Sólidos totales en suspensión (STS): es el material orgánico o inorgánico que se encuentra suspendido en forma coloidal y da origen a la turbidez en el agua. Si aumenta el contenido de sólidos en suspensión aumenta el grado de turbidez. Los sólidos en suspensión pueden ser retenidos por cápsulas la cual tiene una membrana o filtros con poros de 0,2 micrones (Rocha, 2010).

- **Sabor y olor**: El sabor y el olor del agua se pueden apreciar por los sentidos del olfato y el gusto, estos parámetros son de determinación subjetiva. Afecta las propiedades estéticas del agua; las aguas adoptan un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl<sup>-</sup> (“Parámetros,” s.f.).

#### **4.1.2 Características químicas y fisicoquímicas del agua.**

- **Hierro**: Valencia (s.f). informa que el hierro es un elemento químico, su símbolo es Fe y es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%).

El agua subterránea alcanza concentraciones de hasta 10mg/L de hierro; las aguas minerales y termominerales pueden contener más de 10 mg/L de hierro. Mientras en aguas superficiales la concentración es mucho menor que las anteriores, de hasta 0.5 mg/l de hierro.

Cuando las aguas subterráneas son sometidas a proceso de cloración u oxígeno del aire, se produce la oxidación generando una coloración marrón rojizo al agua poco agradable a la vista de los consumidores. En el agua potable también se puede encontrar hierro debido al uso de coagulantes de hierro, a la corrosión de tuberías de acero y hierro fundido de la red de distribución.

El hierro no tiene efectos tóxicos y no causan daños en la salud, pero puede manchar la ropa al usarse esa agua, y la concentración del hierro está regulada, con estándares primarios.

*Remoción del hierro:* Se oxida el hierro mediante químicos formando partículas y estas se eliminan del agua por medio de filtración.

- **Tipos de hierro:**

Comenta Valencia (s.f.). que hay tres formas principales de hierro, se describe a continuación.

Hierro Ferroso: También llamado “hierro de agua” por ser incoloro en una muestra de agua ausente de oxígeno. El dióxido de carbono reacciona con el hierro en la tierra formando bicarbonato de hierro soluble en agua, el cual en agua, da lugar a iones ferrosos ( $Fe^{++}$ ).

Hierro Férrico: Conocido como “agua roja de hierro” es visible por su coloración rojiza y es el resultado del hierro ferroso expuesto a oxígeno, combinado con el hierro para formar los iones férricos ( $Fe^{+++}$ ).

Hierro bacterial: Se lo describe como biofouling de hierro, se lo puede encontrar depositado en los tanques de inodoro, en los filtros y

suavizantes agua. En algunos lugares, esto causa gran daño, y en otros se considera una molestia menor.

- **Manganeso:** Valencia (s.f.) explica que el manganeso es un elemento químico su símbolo es Mn y se encuentra normalmente en el aire, el suelo, el agua y los alimentos.

Las aguas subterráneas pueden tener concentraciones de manganeso que alcanzan hasta 1mg/l, mientras que aguas superficiales las concentraciones de manganeso son menores a 0.1mg/l.

Por otro lado en las plantas de tratamiento de agua, ayuda a la propagación de bacterias específicas que perjudican el funcionamiento de varias unidades del sistema y como consecuencia baja la calidad del agua, además que aumenta la demanda de químicos aplicados en la desinfección. Por esta razón es importante eliminar el manganeso del agua antes de su entrada a la red de distribución.

Al igual que para el hierro, los límites de manganeso han sido establecidos por consideraciones estéticas y económicas más que por peligro fisiológica.

- **Cromo hexavalente:** El cromo hexavalente es un elemento metálico tóxico, no es común en las aguas naturales. Más bien, su presencia se produce por los desechos de diversas industrias y la erosión de depósitos naturales.

Su presencia en las aguas de consumo humano tiene el potencial de causar daños en el hígado, los riñones, los tejidos circulatorios y nerviosos

e irritación a la piel de la exposición a largo plazo en cantidades por encima del límite máximo del contaminante (Evoqua, s.f.).

Otros efectos sobre la salud incluyen diarrea, hemorragias intestinales, calambres y lesiones hepáticas y renales. Los efectos tóxicos pueden ser transmitidos a los niños a través de la placenta (Lenntech, s.f.).

- **Dureza:** Es una característica química del agua, que está definida por la elevada concentración de compuestos minerales, principalmente sales de magnesio y calcio, el agua blanda la contiene en bajas cantidades (“La dureza,” s.f.).

Las aguas subterráneas procedentes de acuíferos carbonatados presentan mayor dureza, y las aguas subterráneas que provienen de acuíferos silicatadas dan origen al agua blanda (“La dureza,” s.f.).

La dureza del agua disminuye la cantidad de espuma que produce el jabón, debido a la cantidad de sales que afectan la efectividad del jabón; el agua dura es inadecuada para algunos usos domésticos e industriales (“La dureza,” s.f.).

**Dureza temporal o dureza de carbonatos:** Es cuando el agua está compuesta por carbonatos de calcio y magnesio. Estos bicarbonatos se precipitan por ebullición del agua transformándose en carbonatos insolubles y posteriormente eliminados por filtración (“Parámetros,” s.f.).

**Dureza permanente:** Está constituida por todas las sales de calcio y magnesio excepto carbonatos y bicarbonatos. Estas sales no se

precipitan por ebullición por lo tanto no pueden ser eliminados por filtración (“Parámetros,” s.f.).

- **Potencial del hidrógeno (pH):** Es un parámetro que asigna un número para cuantificar la concentración de iones de hidrogeno en determinadas disoluciones. Un pH menor a 7.0 indica acidez en el agua, mientras que un pH mayor a 7.0 indica alcalinidad en el agua. Cuando el pH es igual a 7.0 el agua no tiene características ácidas ni alcalinas entonces se dice que el pH es neutro (Rocha, 2010).

La norma INEN sugiere un rango de pH de 6.5 a 8.5. Estos valores son los más adecuados para la actividad biológica de los ecosistemas. Un pH de 3.5 en las bebidas gaseosas está por fuera del rango sugerido pero no representan un riesgo directo en la salud. Sin embargo, valores de pH por debajo de 6.5 podría indicar agua corrosiva la cual puede movilizar metales en tuberías. Para valores de pH menores a 6.5, se debe considerar un análisis de corrosión de metales especialmente plomo y cobre (Rocha, 2010).

- **Conductividad del agua:** Es un parámetro de medición de la cantidad de sólidos totales disueltos (STD). Mientras mayor es la conductividad mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en el agua. La conductividad en aguas naturales es conveniente expresar su concentración en microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ) (Rocha, 2010).
- **Nitratos:** Larios (2009) informa que el origen de los nitratos en aguas subterráneas es principalmente de industrias ganaderas, sistemas sépticos y fertilizantes químicos, constituyen un latente riesgo en cualquier parte del mundo.

Se han realizado investigaciones en diferentes países sobre la metahemoglobinemia infantil que es producida por el consumo de aguas subterráneas con altas concentraciones de nitrato.

Ocurre Metahemoglobinemia cuando las concentraciones de metahemoglobina en la sangre son mayores a las cifras normales. Esta enfermedad presenta algunos cuadros clínicos, mientras mayor sea el porcentaje de cantidad anormal de metahemoglobina en la sangre mayores son sus riesgos, desde diarreas, vómitos, taquicardias entre otras y finalmente puede llevar a la muerte. La población especialmente afectada son niños menores a un año ya que es baja la actividad de la enzima que reduce la metahemoglobina.

- **Fósforo:** Aunque el fósforo no presenta toxicidad en los seres vivos, la presencia en valores mayores a los normales de fosfatos en aguas potables indica la posibilidad de contaminación del acuífero por aguas contaminadas o aguas residuales. Si se debe a la infiltración de aguas residuales sin tratamiento previo, son un riesgo al consumidor de estas aguas.
- **Flúor:** Es un elemento químico que se encuentra comúnmente en las aguas subterráneas. Está demostrado que el flúor en dosis pequeñas es beneficioso para endurecer y fortalecer la dentadura, al formar en los dientes una capa protectora de fluoruro de calcio. Pero el consumo de flúor en altas dosis es perjudicial para la salud pública, el organismo sufre serias deformaciones y causa osteoporosis enfermedad que afecta a los huesos provocando deformaciones del sistema óseo (Rocha, 2010).

La norma ecuatoriana INEN 1108 al igual que la Organización Mundial de la Salud (OMS), limitan la concentración de flúor en el agua potable a 1,5 mg/l.

- **Salinidad:** Es la cantidad de sales disueltas en el agua, también se puede decir que es una característica indicadora de la calidad del agua en cuanto a su sabor y aceptación por los consumidores. Mientras mayor sea la cantidad de sólidos disueltos, mayor tiende a ser la conductividad del agua. La salinidad del agua es un estándar secundario es decir que no es obligatorio (Rocha, 2010).

Personas no acostumbradas a beber agua con alta salinidad pueden experimentar irritación gastrointestinal momentánea, pero una vez que el organismo se adapta a estos cambios el agua se puede consumir limitadas cantidades sin relevantes daños a la salud, a menos que exista una condición de salud en la persona que bebe esa agua, que amerite tener en cuenta la salinidad. Además produce corrosiones en los accesorios de baños, cocinas y afecta también a la ganadería, el ganado rechaza esta agua produciéndoles baja de peso y producción de lácteos (Rocha, 2010).

- **Sulfatos:** El ión sulfato, corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. El agua con altas concentraciones de sulfatos tienen propiedades laxantes. Las personas que la consumen al igual que los animales pueden presentar diarreas y deshidratación, por lo general los niños y los animales jóvenes son los más afectados (“El sulfato,” s.f.).

Los altos niveles de sulfatos también pueden producir daños en las tuberías particularmente las de cobre, las corroe. Su eliminación se realiza por ósmosis inversa, destilación, o intercambio iónico (“El sulfato,” s.f.).

- **Cloruros:** Es un indicador de la calidad del agua potable. El ion cloruro, Cl<sup>-</sup>, forma sales en general muy solubles. Afecta al sabor del agua a partir de 300 ppm de concentración esta empieza a adquirir un sabor salado. Causa problemas de corrosión en las tuberías (“Parámetros,” s.f.).
- **Amoniaco:** El amoniaco es un indicador de posible contaminación del agua con bacterias, aguas residuales o residuos de animales. Es el producto natural de descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.

Ciertos desechos agrícolas e industriales, derrames de plantas de producción, oleoductos entre otros contribuyen al amoniaco en las aguas superficiales. No está generalmente presente en las aguas de pozo, ya que ha sido convertido por las bacterias del suelo en nitrato.

- **Cloro residual:** El cloro residual libre en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH. En otras palabras es el nivel de desinfectante que lleva el agua. Cabe señalar que la ausencia de cloro libre residual no implica la presencia de contaminación microbiológica. Impide recrecimientos microbiológicos en depósitos, redes de distribución y aljibes. Indicé claramente en el sabor del agua.
- **Alcalinidad:** La alcalinidad de una solución es la capacidad para neutralizar ácidos (Rocha, 2010).  
Rocha (2010) menciona que en algunos procesos que se realizan en el sistema de tratamiento de agua la presencia de alcalinidad en sus diferentes formas es necesaria para evitar cambios bruscos de pH. Los

tipos de alcalinidad depende principalmente por el sistema carbonato existente en la muestra, esta puede clasificarse en:

- a) **Alcalinidad a la fenolftaleína o alcalinidad cáustica:** Definida como la cantidad de ácido fuerte (Moles/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pH-CO<sub>3</sub>.
  - b) **Alcalinidad de carbonatos:** Definida como la cantidad de ácido fuerte (Moles/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pH-HCO<sub>3</sub>.
  - c) **Alcalinidad total:** Definida como la cantidad de ácido fuerte (Moles/L), necesaria para disminuir el pH de la muestra a pHCO<sub>2</sub>.
- **Cobre:** Sancha & Lira (s.f.) informan que el cobre es un metal que tanto por deficiencia y por exceso puede causar daños a la salud.

La presencia de cobre en el agua puede ser de origen natural o corrosión de tuberías durante su distribución. Esta último se debe a que el agua que es distribuida no cumple con varios parámetros que podrían ser controlados por la planta de tratamiento, otro factor que influye es la antigüedad de las instalaciones de tubería o grifería.

El exceso de cobre en el agua potable puede ocasionar problemas en usos domésticos, además de afectar a la salud a corto plazo con molestias gastrointestinales y a largo plazo con lesiones hepáticas o renales

La presencia de cobre soluble se presenta más en aguas con pH menor a 7,5 y puede solucionarse elevando el pH. Por otro lado el cobre en forma de partículas se desarrolla en tiempos más prolongados este no se corrige con ajuste al pH, es necesario filtración.

- **Sodio y potasio:** Osicka & Giménez (s.f.) señalan que el sodio y potasio pueden provenir de lixiviación de rocas y suelo. El sodio ocupa el sexto lugar entre los elementos más abundantes distribuidos en la naturaleza, está en el agua en mayor concentración que el potasio.

Los niveles de sodio y potasio más elevados son los que están relacionados con el agua subterránea en aquellos lugares donde hay abundancia de depósito de mineral de estos compuestos o donde ha habido contaminación por filtración salina.

La presencia de sodio y potasio en bajas concentraciones no afecta a la salud, pero en altas concentraciones se lo ha relacionado con enfermedades coronarias, hipertensión y enfermedades renales y hepáticas.

#### **4.1.3 Características biológicas.**

**Coliformes fecales:** Son microorganismos que se encuentran en las heces del hombre y de animales de sangre caliente, la principal bacteria del grupo es la Escherichiacoli, su presencia en el agua se utiliza como indicador de contaminación biológica. Por lo tanto su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura (“El efecto,” s.f.).

Los altos niveles de coliformes fecales en el agua por lo general indican la presencia de gran cantidad de heces, que advierten la presencia de patógenos causantes de múltiples enfermedades en la salud pública. Por otro lado en los cuerpos de agua la materia orgánica que recibe la bacteria se descompone aeróbicamente, lo que puede reducir severamente los

niveles de oxígeno causando la muerte de peces y diferentes especies de la vida silvestre (“El efecto,” s.f.).

Los *coliformes fecales* están dentro del grupo coliformes totales, este subgrupo se lo puede diferenciar por ser termotolerante ya que soportar altas temperaturas (Campos, s.f.).

Existen coliformes que no son de origen fecal, debido a que son autóctonos de aguas con residuos vegetales, por este motivo el grupo de los coliformes totales tiene actualmente poca utilidad como indicador de contaminación fecal. Por lo tanto, para evaluar la eficiencia de aguas superficiales deben usarse los *coliformes fecales*. Solamente deberá recurrirse a los coliformes totales si no hay condiciones para cuantificar los *coliformes fecales* (Campos, s.f.).

Los coliformes fecales pueden ser eliminados mediante productos químicos o equipos de ozono certificado y en pequeñas cantidades de agua mediante la ebullición (“El efecto,” s.f.).

## **4.2 Procesos de tratamiento de agua potable**

La fuente de abastecimiento del agua cruda determina su calidad inherente, mediante la caracterización física, química y biológica del agua; de estos resultados depende la selección de los procesos adecuados para el tratamiento de agua potable.

Las aguas crudas presentan variación en la concentración de sustancias o compuestos específicos. Por lo general las aguas subterráneas tienen mayor

concentración de dureza, alcalinidad, hierro y otros minerales que las aguas superficiales de ríos, debido a esto es importante primeramente hacer análisis de los constituyentes o sustancias que están en el agua cruda para determinar los procesos de tratamiento a usarse. Uno de los procedimientos es el ensayo prueba de jarras que permite mejorar algunas propiedades físicas y químicas del agua, para optimizar las dosificaciones y diferentes procesos unitarios, para asegurar la calidad final del agua.

Las sustancias no deseadas contenidas en el agua natural se separan, usualmente por precipitación o por otros métodos como con el uso de aire disuelto. Otras sustancias se transforman con el fin de lograr cumplir con las normas de calidad del agua

Existen múltiples procesos de tratamiento de agua potable, su aplicación dependen de las características del agua a tratar, a continuación se detalla un procedimiento habitual para aguas superficiales. Debe tenerse presente que los procesos que se presentan a continuación pueden variar radicalmente dependiendo de la calidad del agua cruda que se desee tratar.

1. **Mezcla rápida:** Tanque donde se agregan químicos y luego se agita el agua vigorosamente para eliminar sustancias volátiles y producir la oxidación de cualquier material que pueda oxidarse.
2. **Coagulación:** Hace que las partículas en suspensión se agrupen, este proceso ocurre durante la mezcla rápida.
3. **Floculación:** Después de la coagulación, en un tanque se agita el agua lentamente, para conseguir flóculos más grandes que faciliten la sedimentación.

4. **Decantación o sedimentación:** Se almacena el agua en reposo durante un tiempo estimado donde por acción de la gravedad las partículas y flóculos se depositan en el fondo.
5. **Filtración:** El agua atraviesa un medio poroso donde se retienen las partículas que no lograron sedimentarse o ser extraídas por el proceso anterior.
6. **Desinfección química:** Mediante el proceso de cloración se pueden eliminar los microorganismos que hayan podido sobrevivir a los procesos anteriores.

El agua luego de ser tratada debe pasar por varios análisis para garantizar su calidad. Por último es enviada a estaciones de bombeo para su distribución a hogares y empresas.

### 4.3 Prueba de jarras

Es una prueba de laboratorio, que sirve para determinar las condiciones de operación óptima en una planta de tratamiento generalmente de agua potable, determina la dosis óptima de coagulantes, y/o polímeros u otros reactivos, y las velocidades de sedimentación, tamaño y características del flóculo, entre otras.

El equipo de prueba de jarra tiene usualmente seis remos para remover el contenido de seis envases de 1 litro y un medidor de RPM (revolución por minuto).

### ***Procedimiento de prueba de jarras***

Los procedimientos pueden variar según las características del agua. Se procede a mencionar uno común (“prueba de,” s.f.):

1. Llenar los seis recipientes con la muestra de agua. Un contenedor se utilizará como control mientras que los demás contenedores se puede ajustar dependiendo de qué condiciones se encuentran en evaluación.
2. Agregar el coagulante a cada envase y mezclar aproximadamente 100 rpm por 1 minuto. La etapa de mezcla rápida ayuda a dispersar el coagulante.
3. Disminuir la velocidad de mezcla de 25 a 35 rpm y seguir batiendo por 15 a 20 minutos.
4. Apagar el equipo de mezclado y esperar que se sedimente de 30 a 45 minutos.
5. Medir los parámetros que sean necesarios.

## **4.4 Los coagulantes más empleados para los procesos de potabilización**

Los coagulantes más utilizados, son los metálicos, sales de aluminio o de hierro (“Coagulación,” s.f.).

- **Sulfato de aluminio:** se lo conoce como Alumbre, es un coagulante óptimo en intervalos de pH 6 a 8. En el tratamiento de agua potable agrupa los coloides orgánicos y fósforo en pequeños flóculos.
- **Sulfato férrico:** es eficiente en un intervalo de pH 4 a 11. Provoca grandes flóculos que se precipitan deprisa. Está disponible comercialmente en

forma granular de color marrón rojizo Puede ocasionar problemas de coloración en el agua.

- **Cloruro férrico:** Se asemeja al anterior está disponible en forma líquida y granular y también presenta problemas de coloración. Su utilización es limitada ya que tiene un intervalo de pH más corto.
- **Sulfato ferroso:** El rango de pH para la coagulación óptima es alrededor de 9,5. Se usa generalmente con la cal o junto con el cloro para que sea efectiva.
- **Aluminato sódico:** Generalmente se lo usa para eliminar el color a pH bajo y en el ablandamiento de agua con cal.

#### 4.5 Los polímeros más usados

Según el carácter iónico de su grupo activo, los polímeros sintéticos, normalmente denominados polielectrolitos, comprenden los: aniónicos, catiónicos y no iónicos. Su función es ayudar a la sedimentación, de las materias en suspensión y solución, en el agua cruda.

- **Polielectrolito catiónico:** Son macromoléculas que tienen carga positiva. Cuando son agregadas al agua cruda van atraer moléculas que tengan carga negativa. Por ejemplo: carbonatos, nitratos, sulfatos, cianuro entre otros.
- **Los polielectrolitos aniónicos:** Son macromoléculas que se caracterizan por tener carga negativa. Al ser agregarlos al agua, van atraer moléculas

con carga positiva. Por ejemplo: calcio, cromo, cobre, plomo, arsénico, mercurio, zinc. El más conocido es la poliacrilamida.

- **Polímero no iónico, poliacrilamida:** No son polielectrolitos en sentido estricto aunque exhiben en disolución muchas de las propiedades floculantes de los anteriores. Capaces de desestabilizar los coloides por enlaces de puente intraparticular.

## 4.6 Procesos típicos para tratar el agua

Señala Leal (s.f.) los siguientes procesos para tratar el agua:

**La tecnología convencional:** Incluye los procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

**La tecnología de filtración directa:** Incluye los procesos de coagulación y filtración rápida, y se puede incluir el proceso de floculación.

### **Filtración convencional:**

- ***Filtros de arena:*** Son camas de arena fina de un metro de grosor sobrepuesta a una cama de grava de 30 cm. Remueve sedimentos suspendidos, de 80% a 90% de bacterias y 60% de materia orgánica. Tiene como ventaja que es un procedimiento de bajo costo de inversión en infraestructura.
- ***Filtros de tierras diatomáceas:*** Son filtros a presión o al vacío que presentan una capa de medio centímetro de altura de tierra diatomácea, su principal aplicación es para la remoción de turbiedad y bacterias. Es de manejo sencillo y costo bajo de inversión. Tiene como limitante que sólo

aplica para aguas con poca turbiedad y bajas concentraciones de bacterias y no retiene materia orgánica.

- **Filtros de carbón activado:** El carbón activado tiene gran capacidad de filtración de compuestos, removiendo materia orgánica, malos olores, sabor o color desagradable del agua. Estos filtros son económicos pero tienen como desventaja que necesitan continua renovación del filtro, genera residuos y no remueven bacterias ni nitratos.

#### **Desinfección:**

- **Cloro:** La cloración se puede efectuar con cloro gas que a presión normal es un gas verde-amarillento o con hipoclorito de sodio o de calcio que están en forma líquida o sólida. Este desinfectante remueve casi todos los patógenos del agua. Es de manejo sencillo con medidas adicionales de seguridad, tiene costo bajo de inversión. Una limitante es la generación de subproductos halogenados.
- **Cloramina:** La cloramina es cuando se agrega al agua cloro que contiene amoníaco. Tiene menor capacidad desinfectante que el cloro pero genera menos cantidad de subproductos halógenos.
- **Ozono:** Es un gran oxidante y agente desinfectante. En su aplicación requiere menores cantidades que el cloro y no genera subproductos halogenados. Una desventaja es su complejo mantenimiento y operación que a su vez tiene altos costos.

#### **Filtración por membranas:**

- **Micro filtración:** La separación por membrana micrométrica contiene poros de aproximadamente 0,03 a 10  $\mu\text{m}$ . Son efectivos para remover material particulado, bacterias y materia orgánica natural. Los filtros se descomponen rápidamente y será necesario el reemplazo en el corto plazo, por lo que con frecuencia se hace uso de desinfectantes químicos para prevenir la descomposición y el lavado periódico de la membrana.
- **Ultra filtración:** La ultra filtración se realiza por medio de membrana de tamaño de poro aproximado entre 0,002 y 0,1  $\mu\text{m}$  y ejercicio de presión para que el agua atraviese la membrana. La ultra filtración remueve bacterias y la mayoría de los virus, pero permite el paso a algunos tipos de virus y de materia disuelta, como sustancias húmicas. Se recomienda la desinfección con cloro después de la ultra filtración. Tiene un costo elevado de inversión y operación.
- **Nanofiltración:** Las membranas de nanofiltración poseen un tamaño de poro aún menor a las anteriores, de 0,001  $\mu\text{m}$ . Pueden remover virtualmente todo tipo de bacterias, virus, quistes y material disuelto húmico. Tiene un costo muy elevado de inversión y operación.
- **Ósmosis inversa o hiperfiltración:** Se basa en el uso de una membrana semipermeable que permite el paso de agua, mas no de iones disueltos.

La membrana tiene poros menores a 10 Å (1 nm). El agua es sujeta a una alta presión que la obliga a pasar a través de la membrana; todas las sales disueltas permanecen en una solución que se concentra de sales, motivo por el cual se le conoce como salmuera o agua de rechazo o retrolavado.

Remueve virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica. La desventaja es que tiene costos muy elevados de inversión y operación.

#### **4.7 Normas para caracterización de agua cruda y agua potable**

La norma Ecuatoriana que rige la calidad de fuentes de agua para consumo humano es el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA 2014, Anexo 1 del libro VI. Los valores referenciales que muestra TULSMA son los mínimos para agua cruda, para fuentes que solo necesitan desinfección o tratamiento convencional (Tabla 4.1).

**Tabla 4. 1: Elementos que son más comúnmente evaluados en el agua cruda**

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE TULSMA	
			TRATAMIENTO CONVENCIONAL	SOLO DESINFECCIÓN
Amonio	NH4+	mg/l	0,5	0,5
Arsénico	As	mg/l	0,1	0,01
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	20
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	20000	200
Cinc	Zn	mg/l	5	5
Cobre	Cu	mg/l	2	2
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75	15
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l	0,05	0,05
Fluoruro	F <sup>-</sup>	mg/l	1,5	
Hierro total	Fe	mg/l	1	0,3
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	50	50
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6 a 9	6 a 9
Plomo	Pb	mg/l	0,01	0,01
Sulfatos	SO <sub>4</sub> -2	mg/l	250	250
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100	5

Fuente: Adaptado de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (2014) - Anexo 1 del libro VI

Otra de las normas que rige la calidad del agua es la del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), código: 1108. Esta muestra las concentraciones máximas que debe tener el agua potable para consumo humano.

La norma INEN (2014) presenta siete subdivisiones: Características físicas, sustancias inorgánicas y radiactivas; Sustancias orgánicas; Plaguicidas; Residuos de desinfectantes; Subproductos de desinfección; Cianotoxinas y Requisitos Microbiológicos.

**Tabla 4. 2: Elementos que son más comúnmente evaluados en agua potable**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>Límite INEN</b>
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Cloro libre residual	mg/l	0,3 a 1,5
Cobre, Cu	mg/l	2
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Nitratos, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
Nitritos, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3
Coliformes fecales	UCF/ 100 ml	Ausencia

Fuente: Adaptado de Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN - 1108:2014

#### 4.8 Normas Ecuatorianas vs. Internacionales

Existen otros organismos internacionales que tienen la tarea de establecer estándares y normativas de la calidad de agua para consumo humano entre ellas se encuentra la OMS (Organización Mundial de la Salud), la norma EPA (Agencia de Protección Ambiental), de los Estados Unidos.

La Norma INEN 1108 para agua potable, ha venido teniendo cambios en los últimos ocho años, en cuanto a los parámetros que afectan directamente a la salud sus valores han variado y algunos de los parámetros que no afectan directamente a la salud no se han establecido valores en las últimas dos ediciones 2011 y 2014. En cambio la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su publicación “Guías para la calidad del agua potable” establece valores a un mayor número de parámetros que no tienen consecuencia directa para la salud y establece límites máximos de aceptabilidad de los consumidores. Estos parámetros proporcionan al agua características organolépticas y pueden ser

juzgados fácilmente por los consumidores que como consecuencia al no estar dentro de los límites estas aguas pueden ser rechazadas (Tabla 4.3).

**Tabla 4. 3: Parámetros más comunes evaluados en el agua de consumo INEN vs. OMS**

PARÁMETRO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMITIDO			
		INEN 1108:2006	INEN 1108:2011	INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	6,5 - 8,5			6,5 - 8,5
Temperatura	° C				
Conductividad	uS/cm				
Color	TCU	15	15	15	15
Turbiedad	NTU	5	5	5	5
STD	mg/l	1000			1000
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	200			250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l	0,1			
Hierro ( Fe)	mg/l	0,3			0,3
Manganeso(Mn)	mg/l	0,1	0,4		0,1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	10	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0	0,2	3	3
Amonio(N-NH <sub>3</sub> )	mg/l	1			1,5
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/l	1,5	1,5	1,5	1,5
Dureza	mg/l	300			500
Coliformes Totales	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

	Parámetros que tienen consecuencia directa para la salud
	Parámetros que no tienen consecuencia directa para la salud
	Valores que no se han calculado, basado en efectos sobre la salud

Fuente: Adaptado del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 1108, OMS (2011). Guías para la calidad del agua potable

La norma de los Estados Unidos Agencia de Protección Ambiental (EPA) a diferencia de la norma INEN 1108:2014 establece estándares primarios y secundarios, el primero se refiere a que es obligatorio por ley cumplir con el nivel máximo permitido y el segundo que no son obligatorios ya que son aquellos que en estudios se ha demostrado que no tiene efectos directo en la salud.

## Capítulo 5

## Resultados del control de calidad de agua en las tres poblaciones

En el capítulo previo se mencionó el control de la calidad del agua y los procesos de tratamiento más comúnmente empleados, así como otros de interés académico y científico. En este capítulo se presentan resultados concretos y específicos del control de la calidad del agua en las tres poblaciones en estudio.

### 5.1 Cantón Santa Lucía

#### 5.1.1 Muestreo.

El laboratorio de agua de Santa Lucía realiza los análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras de aguas crudas y tratadas por lo general mensualmente en el punto de captación (Río Daule) y en tres sectores diferentes de la zona urbana. En los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del 2014 se puede observar en Tabla 5.1 la ausencia de reportes en muestras de aguas crudas y tratadas. Hay que recalcar que ciertos sectores cuentan con un único reporte de análisis de agua tratada durante el periodo 2013-2014 (ver Tabla 5.1).

La Tabla 5.1 muestra los sectores y los meses en que el laboratorio del cantón Santa Lucía realizó reportes de análisis a muestras de aguas crudas y tratadas tomadas en diferentes puntos de la cabecera cantonal de Santa Lucía durante el año 2013 y 2014.

**Tabla 5. 1: Zonas en las que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas y tratadas (2013-2014)**

AGUA CRUDA	AÑO 2013												AÑO 2014												# de reporte
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV		
Río Daule	x	x	x				x						x	x	x	x	x	x					x	11	

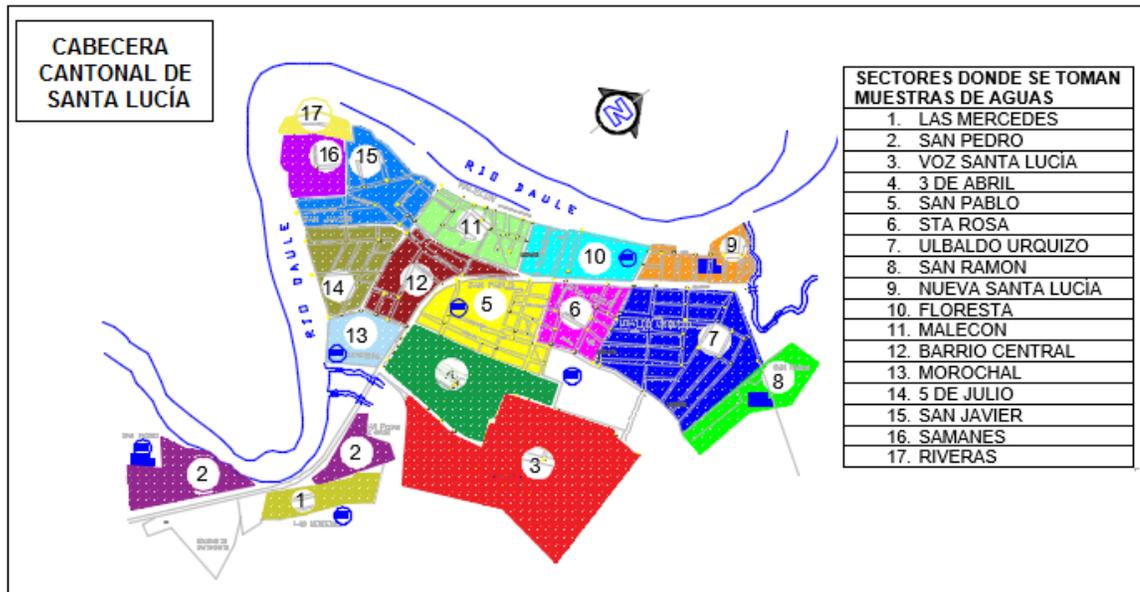
SECTORES	AÑO 2013												AÑO 2014											# de reporte por sector
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	
Las Mercedes				x																				1
San Pedro			x				x					x											x	4
Voz de Santa Lucía	x											x			x									3
3 de Abril					x						x			x										3
San Pablo		x				x				x		x					x							5
Santa Rosa										x			x	x	x									3
Ubaldo Urquiza													x											1
San Ramón		x			x						x												x	4
La Nueva Santa Lucía						x					x		x											3
Floresta			x			x									x									3
Malecon										x														1
Barrio central																							x	1
Barrio Morochal																x								1
5 de julio																							x	1
San Javier										x														1
Samanes																							x	1
Riveras Lucianas	x																						x	3

**Fuente:** Empresa de agua potable y alcantarillado de Santa Lucía. *Reporte de laboratorio de análisis de agua (2013-2014)*

**x** = mes en el que se realizó reporte de laboratorio de análisis de agua.

Elaborado por Yomaira Caicedo en base a los reporte de análisis de agua cruda y tratada, realizados por el laboratorio de agua del cantón Santa Lucía (2013-2014).

La Figura 5.1 muestra los sectores donde habitualmente se toman muestras de agua en la red de distribución en la zona urbana del cantón Santa Lucía. Los números escritos dentro de cada zona, dan referencia al nombre del sector que aparece en la tabla derecha de la figura.



**Figura 5. 1 Sectores donde se toman muestras de agua en la red de distribución**

**Fuente:** Empresa de agua potable y alcantarillado de Santa Lucía. *Mapa de Santa Lucía*

Elaborado por Yomaira Caicedo en base a los reportes de laboratorio de análisis de agua realizados por el laboratorio de agua del cantón Santa Lucía en el año 2013-2014.

### 5.1.2 Resultados de análisis de laboratorio.

Los resultados de análisis de laboratorio que se presentan a continuación son los obtenidos por el laboratorio de agua del Cantón Santa Lucía, realizado a muestras de aguas crudas y tratadas en el periodo 2013 - 2014.

**5.1.2.1 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda y tratada del Cantón Santa Lucía.**

**Tabla 5. 2: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano, Río Daule - Cantón Santa Lucía**

PARAMETRO	UNIDAD	ESTADÍSTICAS												LÍMITES TULAS		
		ESTADÍSTICAS												DESVIACIÓN ESTÁNDAR	(requiere sólo desinfección)	(requiere tratamiento convencional)
		FEB (2013)	MAR (2013)	JUL (2013)	ENE (2014)	FEB (2014)	MAR (2014)	ABR (2014)	MAY (2014)	JUN (2014)	NOV (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA			
pH	-	6,9	7,26	8	6,8	6,9	7,26	8	7	6,8	7,36	7,13	0,45	6 a 9	6 a 9	
Color	Pt-Co	150		20	158	150		20	22	90	37	80,88	63,69	15	75	
Turbiedad	UNT	260	153	23	14,2	260	153	23	18	38,8	14	95,70	102,04	5	100	
Temperatura	°C	27,9	28,9	28,6	28,1	27,9	28,9	28,6	28,6	25,4	28,8	27,97	1,10			
STD	mg/l	78,4	62,4	95,5	52,7	78,4	62,4	95,5	80,5	52	42,2	70,00	18,45			
Conductividad	us/cm	164,2	131	199,2	111	164,2	131	199,2	165,2	109,4	89,1	146,35	37,92			
Cloro residual (Cl2)	mg/l	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00			
Hierro (Fe)	mg/l	3,17	1,44	3,15	0,87	3,17	1,44	3,15	2,3	0,75	0,43	1,99	1,13	0,3	1	
Manganeso(Mn)	mg/l	0,735	0,285	0,035	0,167	0,735	0,285	0,035	0,038	0,16	0,038	0,25	0,1635			
Amoniaco NH3	mg/l	2,22	0,96	0,22	0,23	2,22	0,96	0,22	0,2	0,72	0,47	0,84	0,585			
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/l	10,6	1,8	3	1,1	10,6	1,8	3	1,2	1,6	0,8	3,55	1,8	50	50	
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/l	0,046	0,03	0,046	0,002	0,046	0,03	0,046	0,008	0,003	0,002	0,03	0,02	0,2	0,2	
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/l	7	10	7	3	7	10	7	6	5	0	6,20	7	250	250	
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/l	0,55	0,54	0,55	0,33	0,55	0,54	0,55	0,4	0,07	0,2	0,43	0,54			
Coliformes Totales	UFC/100 ml		100	30			100	30	20	600	20	128,57	30	200	20000	
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	65	69	10	50	65	69	10	5	200	5	54,80	58,40	20	2000	

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 3: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Las Mercedes- Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
			ABR (2013)	
pH	-	8,6		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	13	15	15
Turbiedad	UNT	0,95	5	5
Temperatura	° C	25		
STD	mg/L	87,6		1000
Conductividad	us/cm	183,4		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,8	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,05		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,001		0,1
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,004		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,9	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,005	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	14		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,23		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013). *Reporte de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía

**Tabla 5. 4: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Pedro-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES					ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		ABR (2013)	JUL (2013)	DIC (2013)	NOV (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)		
pH	-	8,1	7,39	7,3	7,2	7,50	7,345	0,41		6,5 - 8,5	
Color	Pt-Co	11	10	6	5	8,00	8	2,94	15	15	
Turbiedad	UNT	0,9	1,2	0,41	0,7	0,80	0,8	0,33	5	5	
Temperatura	° C	26,8	25,8	26,1	25,6	26,08	25,95	0,53			
STD	mg/L	92,3	60,1	89	58,6	75,00	74,55	18,13		1000	
Conductividad	us/cm	193,1	126,4	186,2	121,3	156,75	156,3	38,15			
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,73	1	0,4	1	0,78	0,865	0,29	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Hierro ( Fe)	mg/L	0,05	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,016	0,003	0,003	0,008	0,01	0,0055	0,01		0,1	
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,04	0,01	0,11	0,001	0,04	0,025	0,05		1,5	
Nitratos (N+NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,6	1,5	1	1	1,03	1	0,37	50	50	
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	0,004	0,002	0,002	0,003	0,003	0,00	3	3	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	16	4	16	1	9,25	10	7,89		250	
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,28	0,16	0,24	0,042	0,18	0,2	0,10			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía

**Tabla 5. 5: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. Voz de Santa Lucía-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES				ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		ENE (2013)	DIC (2013)	MAR (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)	
			7,15	7,3	7,2	7,2	7,2	0,08		6,5 - 8,5
pH	-									
Color	Pt-Co	1	4	1	2,00	1	1,73	15	15	
Turbiedad	UNT	0,22	0,36	1,2	0,59	0,36	0,53	5	5	
Temperatura	° C	27,2	25,1	26	26,10	26	1,05			
S.TD	mg/L	59,9	90,3	75,4	75,20	75,4	15,20		1000	
Conductividad	us/cm	125,7	188,9	158	157,53	158	31,60			
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,3	0,6	0,9	0,60	0,6	0,30	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Hierro ( Fe )	mg/L	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02	0,02		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,001	0,008	0,015	0,01	0,008	0,01		0,1	
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,1	0,08	0,01	0,06	0,055	0,06		1,5	
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,8	0,8	1	0,87	0,8	0,12	50	50	
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	0,002	0,004	0,00	0,0035	0,00	3	3	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	3	15	11	9,67	11	6,11		250	
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,18	0,23	0,11	0,17	0,18	0,06			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 6: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio 3 de Abril-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES			ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		MAY (2013)	NOV (2013)	FEB (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,6	7,9	7,4	7,63	7,6	0,25		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	12	4	6	7,33	6	4,16	15	15
Turbiedad	UNT	0,76	0,68	0,8	0,75	0,76	0,06	5	5
Temperatura	° C	26,7	26,7	26,8	26,73	26,7	0,06		
STD	mg/L	106,3	60,4	81,5	82,73	81,5	22,97		1000
Conductividad	us/cm	222	126,8	165,3	171,37	165,3	47,89		
Cloro residual (Cl2)	mg/L	1	1,2	1,1	1,10	1,1	0,10	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,02	0,02	0,003	0,01	0,02	0,01		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,00	0,002	0,00		0,1
Amoniaco NH3	mg/L	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01		1,5
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	1,2	1,2	1,2	1,20	1,2	0,00	50	50
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,00	0,002	0,00	3	3
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	21	2	18	13,67	18	10,21		250
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0,28	0,28	0,2	0,25	0,28	0,05		
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 7: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Pablo-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES						ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		FEB (2013)	JUN (2013)	OCT (2013)	ENE (2014)	MAY (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)	
		7,31	8	7,4	6,3	7,4						
pH	-	8	9	2	3	2	7,28	7,4	0,61	15	6,5 - 8,5	
Color	Pt-Co	0,62	0,7	0,38	0,6	0,9	4,80	3	3,42	15	15	
Turbiedad	UNT	29,2	28,6	25,2	27,3	26,9	0,64	0,62	0,19	5	5	
Temperatura	° C	86,2	95,5	50,2	80,9	88,4	27,44	27,3	1,56			
STD	mg/L	180,4	199,2	106,8	169,5	184,9	80,24	86,2	17,59		1000	
Conductividad	us/cm	0,3	1	1	0,5	0,8	168,16	180,4	35,92			
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0,03	0,04	0,04	0,02	0,04	0,72	0,8	0,31	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Hierro ( Fe)	mg/L	0,003	0,005	0,004	0,01	0,012	0,03	0,04	0,01		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,12	0,04	0,03	0,8	0,19	0,01	0,005	0,00		0,1	
Amoniaco NH3	mg/L	0,9	1	1,3	1,1	1,1	0,24	0,12	0,32		1,5	
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	0,004	0,003	0,002	0,002	1,08	1,1	0,15	50	50	
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	6	16	2	11	8	0,00	0,003	0,00	3	3	
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	0,22	0,28	0,2	0,14	0,5	8,60	8	5,27		250	
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0	0	0	0	0	0,27	0,22	0,14			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 8: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Santa Rosa-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES				ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO		
		NOV (2013)	FEB (2014)	MAR (2014)		MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)	
pH	-	7,6	7,1	7,3		7,33	7,3	0,25		6,5 - 8,5	
Color	Pt-Co	2	3	4		3,00	3	1,00	15	15	
Turbiedad	UNT	0,43	0,63	0,55		0,54	0,55	0,10	5	5	
Temperatura	° C	27,6	26,8	26,2		26,87	26,8	0,70			
STD	mg/L	55,3	110,5	75,6		80,47	75,6	27,92		1000	
Conductividad	us/cm	116,8	232	158,6		169,13	158,6	58,32			
Cloro residual (Cl2)	mg/L	1,4	0,4	1,1		0,97	1,1	0,51	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Hierro ( Fe)	mg/L	0,04	0,03	0,004		0,02	0,03	0,02		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,016	0,002	0,002		0,01	0,002	0,01		0,1	
Amoniaco NH3	mg/L	0,03	0,003	0,003		0,01	0,003	0,02		1,5	
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	0,9	1	1,2		1,03	1	0,15	50	50	
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	0,002	0,002		0,00	0,002	0,00	3	3	
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	3	22	15		13,33	15	9,61		250	
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0,18	0,18	0,22		0,19	0,18	0,02			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0		0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0		0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 9: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. Ubaldo Urquizo-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES ENE (2014)	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,1		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	4	15	15
Turbiedad	UNT	0,45	5	5
Temperatura	° C	26,6		
STD	mg/L	55,5		1000
Conductividad	us/cm	118,5		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,6	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,03		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,003		0,1
Amoníaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,002		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,8	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,15		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 10: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, sector San Ramón-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES						ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		FEB (2013)	MAY (2013)	NOV (2013)	FEB (2014)	JUN (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)	
		pH	7,7	8	7,3	7,2	7,35	7,51	7,35	0,33		6,5 - 8,5
Color	3	8	4	2	3	4,00	3	2,35	15	15		
Turbiedad	UNT	0,55	0,55	0,3	0,39	0,4	0,44	0,4	0,11	5	5	
Temperatura	° C	30,5	28,5	27,4	25,4	30,2	28,40	28,5	2,10			
STD	mg/L	85,2	72,3	54,1	115,8	73	86,58	79,1	42,54		1000	
Conductividad	us/cm	178,3	151,7	114,6	242	153	167,92	153	47,23			
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0,35	0,68	1,3	0,6	0,4	0,67	0,6	0,38	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Hierro ( Fe)	mg/L	0,04	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,01		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,006	0,004	0,015	0,002	0,03	0,01	0,006	0,01		0,1	
Amoniaco NH3	mg/L	0,17	0,01	0,05	0,003	0,001	0,05	0,01	0,07		1,5	
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	1,7	1,1	1,1	1	1	1,18	1,1	0,29	50	50	
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	0,003	0,004	0,002	0,002	0,00	0,003	0,00	3	3	
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	13	9	2	27	6	11,40	9	9,61		250	
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0,23	0,35	0,16	0,1	0,15	0,20	0,16	0,10			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 11: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Lot. La Nueva Santa Lucía-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES			ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		JUN (2013)	OCT (2013)	ENE (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,6	7,5	7	7,37	7,5	0,32		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	10	3	3	5,33	3	4,04	15	15
Turbiedad	UNT	1	0,29	0,4	0,56	0,4	0,38	5	5
Temperatura	° C	27,8	27,2	26,9	27,30	27,2	0,46		
STD	mg/L	110,6	53,6	52,8	72,33	53,6	33,14		1000
Conductividad	us/cm	234,5	112,7	111,1	152,77	112,7	70,79		
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0,53	1,3	0,8	0,88	0,8	0,39	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,01		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,016	0,013	0,001	0,01	0,013	0,01		0,1
Amoniaco NH3	mg/L	0,02	0,04	0,002	0,02	0,02	0,02		1,5
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	0,8	1,2	0,6	0,87	0,8	0,31	50	50
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	0,003	0,001	0,00	0,002	0,00	3	3
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	11	2	1	4,67	2	5,51		250
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0,28	0,13	0,1	0,17	0,13	0,10		
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 12: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Sector Floresta-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES			ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		MAR (2013)	JUN (2013)	MAR (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,76	7,8	7,5	7,69	7,76	0,16		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	6	10	3	6,33	6	3,51	15	15
Turbiedad	UNT	0,55	0,62	0,6	0,59	0,6	0,04	5	5
Temperatura	° C	27,8	27,5	27,4	27,57	27,5	0,21		
STD	mg/L	105,5	87,6	109,7	100,93	105,5	11,74		1000
Conductividad	us/cm	220	183,4	229	210,80	220	24,15		
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0,9	0,8	0,6	0,77	0,8	0,15	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,004	0,05	0,002	0,02	0,004	0,03		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,004	0,001	0,004	0,00	0,004	0,00		0,1
Amoniaco NH3	mg/L	0,002	0,004	0,04	0,02	0,004	0,02		1,5
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	1	0,9	0,8	0,90	0,9	0,10	50	50
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	0,005	0,002	0,00	0,002	0,00	3	3
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	18	14	12	14,67	14	3,06		250
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	0,3	0,25	0,21	0,25	0,25	0,05		
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 13: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Malecón - Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES MAY (2014)	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,6		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	6	15	15
Turbiedad	UNT	0,6	5	5
Temperatura	° C	27,2		
STD	mg/L	52,3		1000
Conductividad	us/cm	112,4		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	1	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,28		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,004		0,1
Amoníaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,03		1,5
Nitritos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,1	50	50
Nitros (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	3		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,22		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 14: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Central - Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	MAY (2014) 7,4		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	2	15	15
Turbiedad	UNT	0,9	5	5
Temperatura	° C	26,9		
STD	mg/L	88,4		1000
Conductividad	us/cm	184,9		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,8	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,04		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,012		0,1
Amoníaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,19		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,1	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	8		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,5		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 15: Reporte de análisis de agua tratada para consumo, Barrio Morochal-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES ABR (2014)	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,2		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	2	15	15
Turbiedad	UNT	0,59	5	5
Temperatura	° C	27,2		
STD	mg/L	85,6		1000
Conductividad	us/cm	179,1		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,6	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,03		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,002		0,1
Amoníaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,02		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,2	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	13		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,1		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 16: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio 5 julio-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES MAY (2014)	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1'108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,3		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	2	15	15
Turbiedad	UNT	0,9	5	5
Temperatura	° C	28,2		
STD	mg/L	91,2		1000
Conductividad	us/cm	190,8		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0,3	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,03		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,007		0,1
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,17		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,6	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	17		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,14		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 17: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio San Javier-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	NOV (2014) 7,12		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	4	15	15
Turbiedad	UNT	0,35	5	5
Temperatura	° C	26,5		
STD	mg/L	54,4		1000
Conductividad	us/cm	115,4		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	1,2	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,03		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,006		0,1
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,03		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,8	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,001	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,04		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 18: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Samanes-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES JUN (2014)	LÍMITE MÁXIMO	
			INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,3		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	4	15	15
Turbiedad	UNT	0,85	5	5
Temperatura	° C	24		
STD	mg/L	73,3		1000
Conductividad	us/cm	153,7		
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	1,5	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,02		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,006		0,1
Amoniaco NH <sub>3</sub>	mg/L	0,001		1,5
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,6	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0,002	3	3
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	8		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	0,04		
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	0	Ausencia	Ausencia

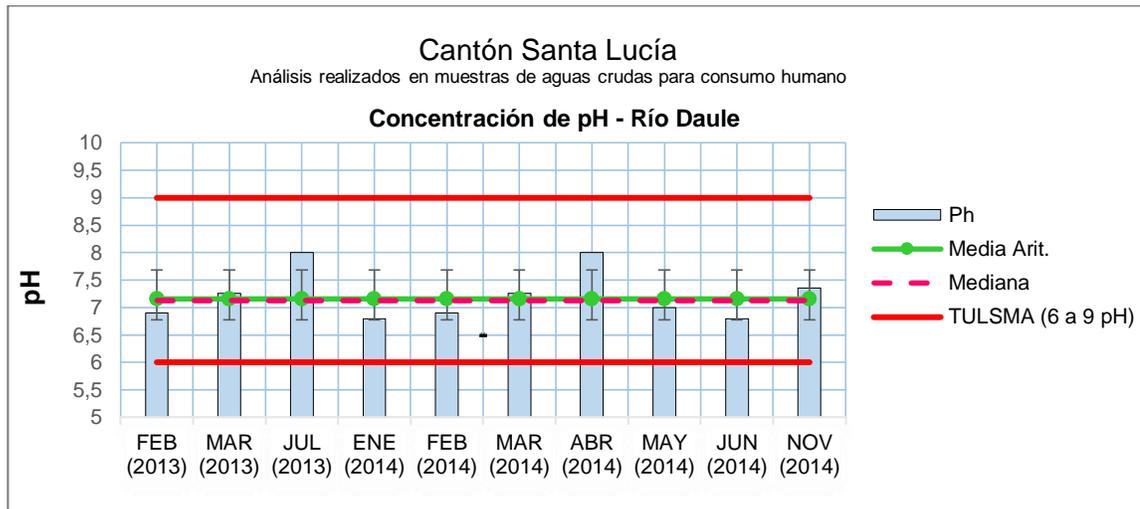
**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Tabla 5. 19: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano, Barrio Riveras Lucianas-Cantón Santa Lucía**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES			ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		ENE (2013)	JUN (2014)	NOV (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)
pH	-	7,4	7,2	7,14	7,25	7,2	0,14		6,5 - 8,5
Color	Pt-Co	3	6	5	4,67	5	1,53	15	15
Turbiedad	UNT	0,32	0,68	0,28	0,43	0,32	0,22	5	5
Temperatura	° C	27,6	24,6	26,5	26,23	26,5	1,52		
STD	mg/L	66,1	72,8	53,3	64,07	66,1	9,91		1000
Conductividad	us/cm	138,7	152,7	112,3	134,57	138,7	20,51		
Cloro residual (Cl2)	mg/L	1,1	1,3	1,26	1,22	1,26	0,11	0,3 a 1,5	≥ 0,5
Hierro ( Fe)	mg/L	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,01		0,3
Manganeso(Mn)	mg/L	0,003	0,005	0,006	0,00	0,005	0,00		0,1
Amoniaco NH3	mg/L	0,06	0,002	0,02	0,03	0,02	0,03		1,5
Nitritos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	1,1	1,2	0,7	1,00	1,1	0,26	50	50
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	0,003	0,002	0,001	0,00	0,002	0,00	3	3
Sulfatos (SO4 <sup>F-</sup> )	mg/L	7	9	0	5,33	7	4,73		250
Fosfatos (PO4 <sup>F-</sup> )	mg/L	0,28	0,09	0,01	0,13	0,09	0,14		
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	0	0	0,00	0	0,00	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Fuente: Adaptado de Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

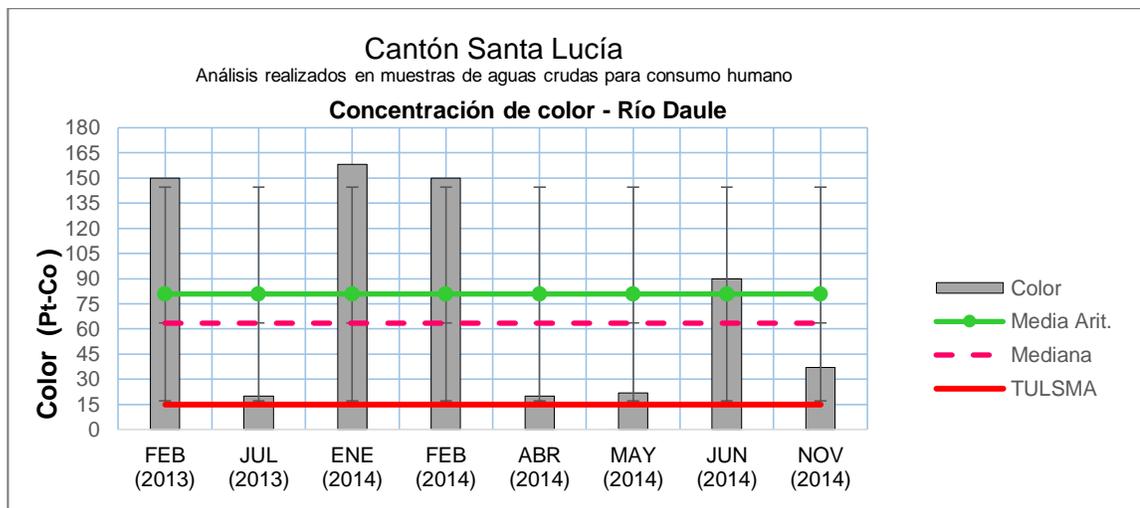
### 5.1.3 Gráficos estadísticos de los resultados de análisis de muestras de aguas crudas Vs. límites TULSMA.



**Figura 5. 2 Concentración de pH en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

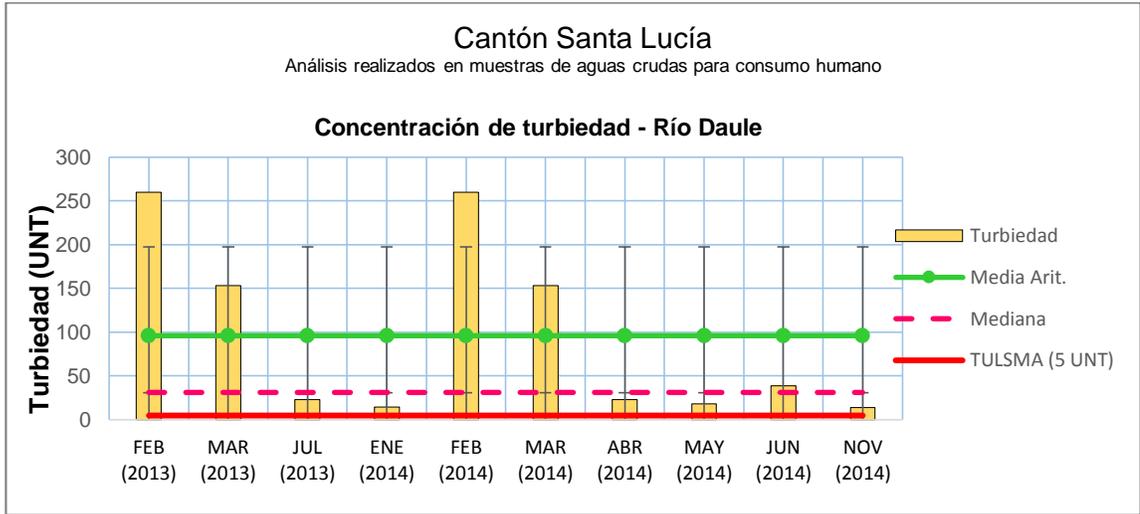
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 3 Concentración de color en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

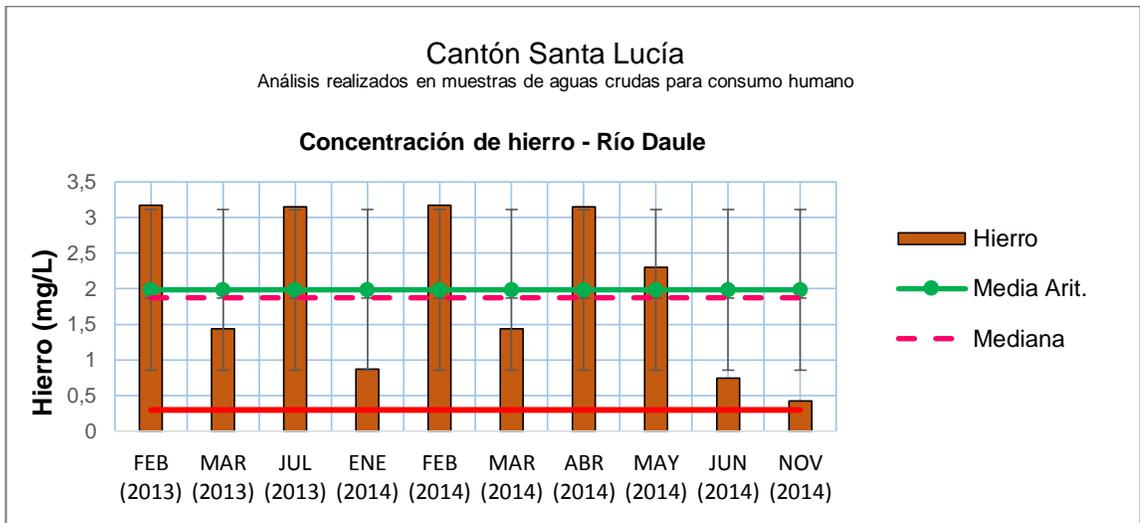
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 4 Concentración de turbiedad en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

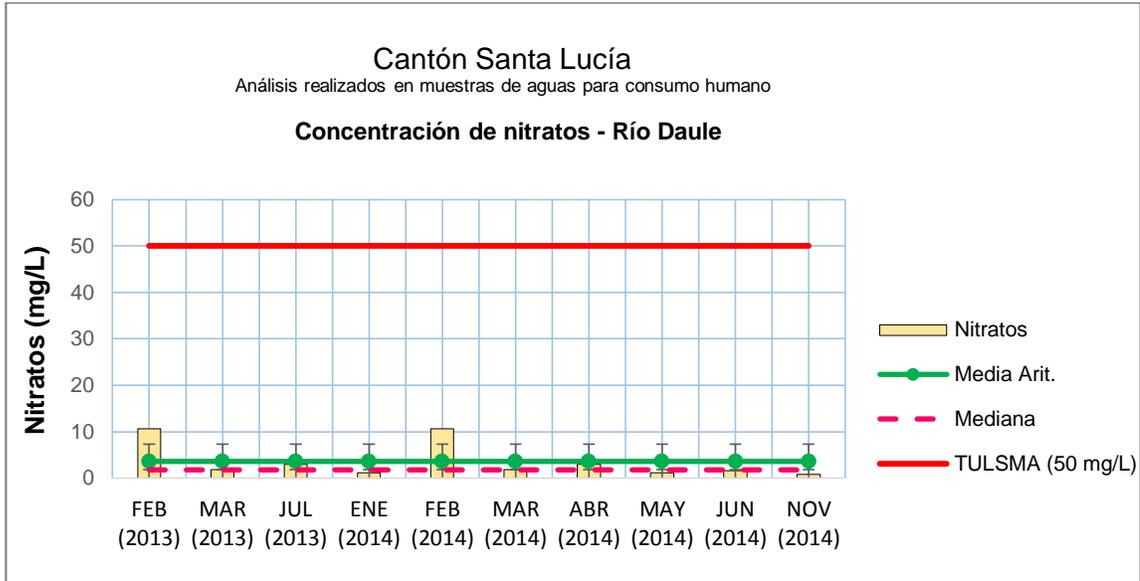
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 5 Concentración de hierro en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

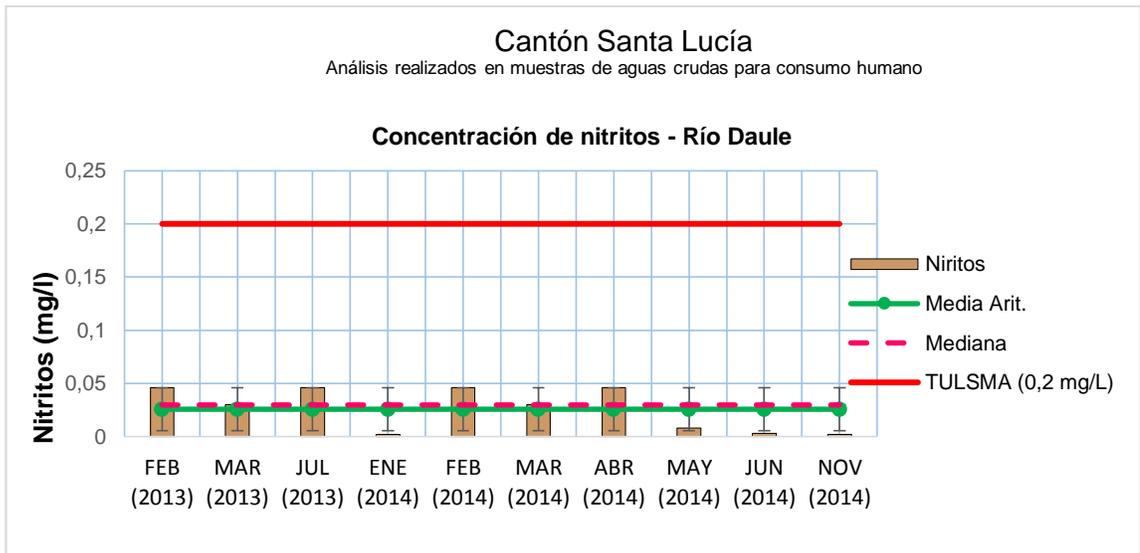
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 6 Concentración de nitratos en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

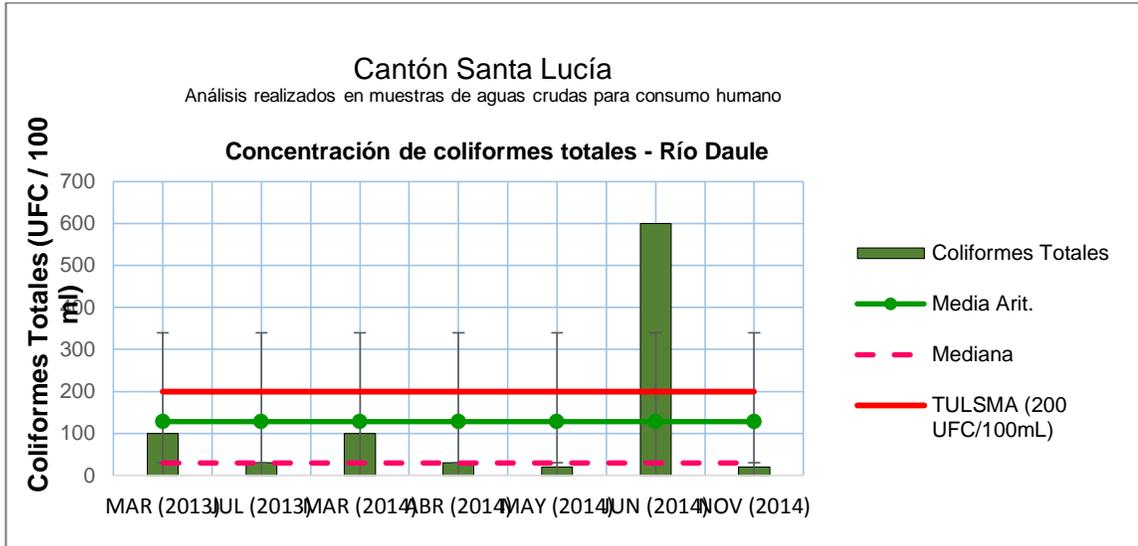
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 7 Concentración de nitritos en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

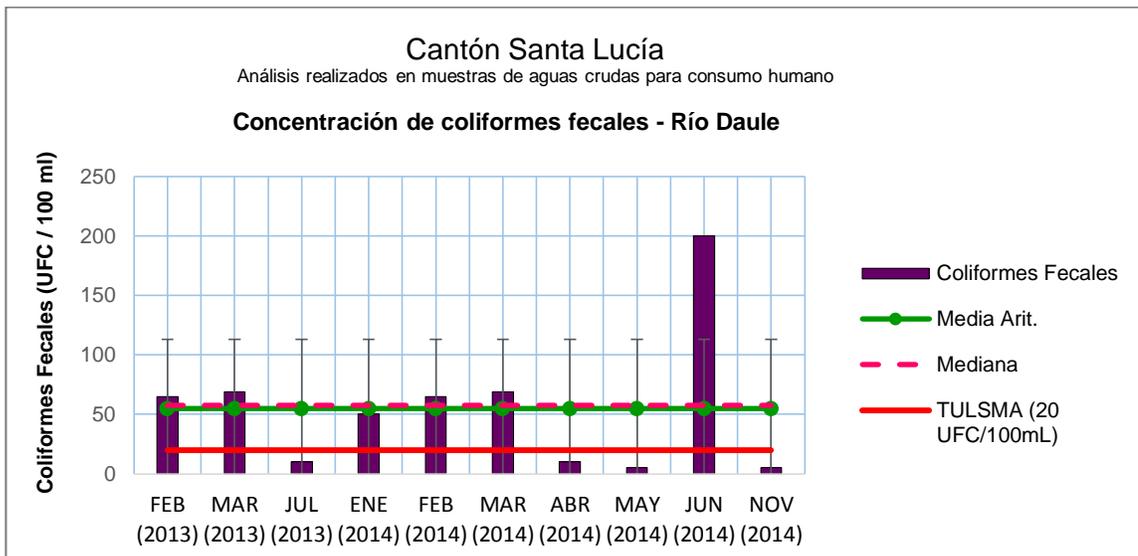
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 8 Concentración de coliformes totales en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 9 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas del Río Daule Vs. TULSMA**

**Nota.** Fuente: Rugel R. (2013-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Santa Lucía.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

## 5.2 Cantón Colimes

### 5.2.1 Muestreo.

En la Tabla 5.20 se muestra los lugares y los meses en que se realizaron reportes de análisis de agua cruda y tratada entre el año 2013 y 2014 en la cabecera cantonal de Colimes.

En base a los reportes de laboratorio de análisis de agua realizados en el periodo 2013 – 2014 entregados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes, se puede observar en la Tabla 5.20 que durante el año 2013 se realizaron muy pocos análisis de muestras de aguas y en el año 2014 esta situación mejoro. Por lo general los análisis de laboratorio se lo realizan sólo a muestras de aguas tratadas (ver Tabla 5.20).

**Tabla 5. 20: Meses en los que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas y tratadas**

AGUA CRUDA, SECTOR:	AÑO 2013												AÑO 2014											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
POZO 1, PLANTA COLIMES					x	x	x	x																
POZO 2, ESCUELA 9 DE OCTUBRE								x																
POZO 3, SUBIDA AL CEMENTERIO								x																
POZO 4 y 5, LA CURIA					x	x	x	x																

AGUA TRATADA, SECTOR:	AÑO 2013												AÑO 2014											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
POZO 1, PLANTA COLIMES					x	x	x	x					x	x			x		x	x	x	x		
POZO 2, ESCUELA 9 DE OCTUBRE													x	x		x		x	x	x	x			
POZO 3, SUBIDA AL CEMENTERIO													x	x		x		x	x		x			
POZO 4 y 5, LA CURIA					x	x	x	x	x		x		x	x	x			x	x		x			

**Fuente:** Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes. *Reporte de laboratorio de análisis de agua (2013-2014)*

**x** = mes en el que se realizó reporte de laboratorio de análisis de agua

Elaborado por Yomaira Caicedo en base a los reporte de análisis de agua cruda y tratada, realizados por el laboratorio de agua del cantón Colimes en la zona urbana (2013-2014).

### **5.2.2 Resultados de análisis de laboratorio.**

Los resultados que se presentan a continuación son los obtenidos por el laboratorio de agua del Cantón Colimes de las muestras de aguas crudas y tratadas analizadas durante el año 2013 y 2014

### 5.2.2.1 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda y tratada del Cantón Colimes.

Tabla 5. 21: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 1, Planta Colimes-Cantón Colimes

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES				ESTADÍSTICAS			LÍMITE TULSMA	
		MAY (2013)	JUN (2013)	JUL (2013)	AGO (2013)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	(requiere sólo desinfección)	(requiere tratamiento convencional)
pH	-	8,4	6,7	8,3	6,6	7,50	7,50	0,98	6 a 9	6 a 9
Temperatura	° C	28	28	24,2	26	26,55	27,00	1,83		
Conductividad	us/cm		454	891	439	594,67	454,00	256,74		
Color	Pt-Co	165	6	89	7	66,75	48,00	76,18	15	75
Turbiedad	UNT	15	0,33	0,80	0,63	4,19	0,72	7,21	5	100
STD	mg/L	646,8	290,4	570,2	280,9	447,08	430,30	189,04		
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L		7	44	6	19,00	7,00	21,66		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L		3,9	4,6	3,3	3,93	3,90	0,65		
Hierro (Fe)	mg/L		0,07	0,07	0,05	0,06	0,07	0,01	0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,1	0,472	0,035	0,51	0,28	0,29	0,25		1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	5,3	0,8	1,7	1	2,20	1,35	2,10	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1	1	49	9	15,00	5,00	22,98	0,2	0,2
Amonio (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L								0,5	0,5
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L									1,5
Dureza	mg/L									
Coliformes Totales	UFC / 100 mL								200	20000
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL								20	2000

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Tabla 5. 22: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 2, Escuela 9 de octubre-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE TULSMA	
			(requiere sólo desinfección)	(requiere tratamiento convencional)
pH	-	6,7	6 a 9	6 a 9
Temperatura	° C	26		
Conductividad	us/cm	592		
Color	Pt-Co	2	15	75
Turbiedad	UNT	0,41	5	100
STD	mg/L	378,8		
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	31		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	4		
Hierro ( Fe)	mg/L	0	0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,71		1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<b>1</b>	0,2	0,2
Amonio (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	0,07	0,5	0,5
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L	0		1,5
Dureza	mg/L			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL		200	20000
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL		20	2000

**Nota.** Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Tabla 5. 23: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 3, subida al cementerio-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE TULSMA	
			(requiere sólo desinfección)	(requiere tratamiento convencional)
pH	-	6,6	6 a 9	6 a 9
Temperatura	° C	26		
Conductividad	us/cm	613		
Color	Pt-Co	2	15	75
Turbiedad	UNT	0,18	5	100
STD	mg/L	392,3		
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	29		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	3		
Hierro ( Fe)	mg/L	0,03	0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,227		1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,5	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<b>1</b>	0,2	0,2
Amonio (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	0,05	0,5	0,5
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L	0,06		1,5
Dureza	mg/L			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL		200	20000
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL		20	2000

**Nota.** Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Tabla 5. 24: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano -  
Mezcla de agua de los Pozos 4 y 5, La Curia-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES						ESTADÍSTICAS			LÍMITE TUSMA	
		MAY (2013)	JUN (2013)	JUL (2013)	AGO (2013)	JUL (2014)	AGO (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	(requiere sólo desinfección)	(requiere tratamiento convencional)
pH	-	6,8	7,3	8,3	8,51	8,8	8	7,95	8,15	0,76	6 a 9	6 a 9
Temperatura	° C	28	26	24,2	26	22	25	25,20	25,50	2,02		
Conductividad	us/cm		898	891	966	1018	1015	957,60	966,00	61,24		
Color	Pt-Co	<b>43</b>	<b>8</b>	<b>89</b>	<b>112</b>	<b>85</b>	<b>84</b>	<b>70,17</b>	<b>84,50</b>	<b>37,73</b>	15	75
Turbiedad	UNT	<b>21</b>	0,41	0,80	0,69	<b>7,73</b>	<b>7</b>	<b>6,27</b>	3,90	7,94	5	100
STD	mg/L	310,2	575	570,2	618,2	651,52	649	562,35	596,60	128,36		
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L		5	44	3	4	4	12,00	4,00	17,90		250
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L		0,89	4,6	2,9	9	9	5,30	4,60	3,67		
Hierro (Fe)	mg/L		0,05	0,07	0,08	0,05	0,04	0,06	0,05	0,02	0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,7	0,056	0,035	0,033	0,022	0,021	0,14	0,03	0,27		1
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L		2	1,70	2,1	1,7	1	1,70	1,70	0,43	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<b>1</b>	0,015	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>9,84</b>	<b>2,50</b>	19,24	0,2	0,2
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00		
Amonio (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L				<b>0,67</b>	0,14	0,1	0,30	0,14	0,32	0,5	0,5
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L				0,82	0,89	0,6	0,77	0,82	0,15		1,5
Alcalinidad	mg/L	22						22,00	22,00			
Dureza	mg/L	221				34	32	95,67	34,00	108,55		
Coliformes Totales	UFC / 100 mL										200	20000
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL										20	2000

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes.  
Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes

**Tabla 5. 25: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 1, Planta Colimes-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES												ESTADÍSTICAS				LÍMITE MÁXIMO	
		MAY (2013)	JUN (2013)	JUL (2013)	AGO (2013)	ENE (2014)	FEB (2014)	MAY (2014)	JUL (2014)	AGO (2014)	SEP (2014)	OCT (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)		
pH	-	8,1	7,2	6,6	7,2	6,8		7,2	7,17	7	7,17	6,92	7,14	7,17	0,40		6,5-8,5		
Temperatura	° C	28	28	24	26	23		26	25	25	26	25,60	25,60	1,58					
Conductividad	us/cm		459	412	454	422		444	457	456	437	449,44	454,00	26,29					
Color	Pt-Co	<b>71</b>	<b>16</b>	10	14	8		13	1	1	7	14,91	9,00	20,33	15	15			
Turbiedad	UNT	5	0,59	0,36	1,17	1,53		0,36	5	4	1,8	2,01	1,35	1,92	5	5			
STD	mg/L	397,9	293,7	263,6	290,5	270		284	292,4	289	323	289,32	289,75	38,40		1000			
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L		7	7	8	9		21	11	10	13	12,78	10,00	7,46		250			
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L		3	4,6	3	6		6,1	9	9	15,5	11,82	6,10	14,82					
Hierro ( Fe)	mg/L		0,09	0,04	0,05	0,13		0,03	0,09	0,07	0,04	0,07	0,07	0,03		0,3			
Manganeso(Mn)	mg/L	0,1	<b>0,498</b>	<b>0,507</b>	<b>0,467</b>	0,008		0,035	<b>0,612</b>	<b>0,4</b>	<b>0,431</b>	<b>0,518</b>	<b>0,36</b>	<b>0,45</b>	0,22	0,1			
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	3,3	1,5	0,7	1,1	0,6		0,6	0,9	0	1,2	1,10	0,90	0,93	50	50			
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	1	1	1	1	2		2	2	1	2	1,40	1,00	0,52	3	3			
Cloro residual (Cl2)	mg/L	<b>0,2</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,57</b>	<b>0,12</b>		<b>0,07</b>	<b>0,34</b>	<b>0,1</b>	<b>0,13</b>	<b>0,02</b>	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	0,3 a 1,5	≥ 0,5			
Amonio (N-NH3)	mg/L				0,01	0		0	0,08	0	0,15	0,05	0,04	0,01	0,06	1,5			
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L				0,38	0		0,13	0,04	0	0,16	0	0,10	0,04	0,14	1,5	1,5		
Dureza	mg/L	56						204	238	225	289	205,63	221,00	71,88		500			
Coliformes Totales	UFC/100 mL							0				<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	2,83	Ausencia	Ausencia			
Coliformes Fecales	UFC/100 mL														Ausencia	Ausencia			

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Tabla 5. 26: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 2, Escuela 9 de octubre-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES												ESTADÍSTICAS				LÍMITE MÁXIMO	
		ENE (2014)	FEB (2014)	ABR (2014)	JUL (2014)	AGO (2014)	SEP (2014)	OCT (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)						
pH	-	6,8			6,8	6,7	7,3	6,9					6,80	0,23			6,5 - 8,5		
Temperatura	° C	23			25	25	25	26					24,80	1,10					
Conductividad	us/cm	546			390	542	491	571					508,00	72,08					
Color	Pt-Co	41			0	35	20	2					19,60	18,64	15	15			
Turbiedad	UNT	10,6			1,4	10	1,32	4,56					4,56	4,51	5	5			
STD	mg/L	349,4			249	341	314,24	365,4					323,81	45,74			1000		
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	32			28	31	23	34					29,60	31,00			250		
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L	9,4			4,8	9	6,3	46,5					15,20	9,00					
Hierro ( Fe )	mg/L	1			0,1	0,4	0,1	0,1					0,22	0,07			0,3		
Manganeso(Mn)	mg/L	0,066			0,678	0,061	0,498	0,571					0,37	0,29			0,1		
Nitratos (N-NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	2,1			1,7	2	1,4						1,85	0,32	50	50			
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	2			2	0,0	1	2					1,40	0,89	3	3			
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0,09			0,05	0,01	0,17	0,03					0,07	0,06	0,3 a 1,5	≥ 0,5			
Amonio (N-NH3)	mg/L	0			0,03	0,0	0,0	0,0					0,01	0,01			1,5		
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L	0			0,0	0,0	0,67	0,0					0,13	0,30	1,5	1,5			
Dureza	mg/L	240,8			215	235	221	238					229,96	11,31			500		
Coliformes Totales	UFC/100 mL																Ausencia		
Coliformes Fecales	UFC/100 mL		0	4	0								1,33	0,00	2,31		Ausencia		

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Tabla 5. 27: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Pozo 3, subida al cementerio-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES							ESTADÍSTICAS				LÍMITE MÁXIMO	
		ENR (2014)	FEB (2014)	ABR (2014)	JUL (2014)	AGO (2014)	OCT (2014)	MEDIA ARITMETICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)		
pH	-	6,7			6,7	6,8	6,8	6,8		6,75	0,06		6,5 - 8,5	
Temperatura	° C	23			25	26	26		25,00	1,41				
Conductividad	us/cm	564			609	646	631		612,50	35,73				
Color	Pt-Co	12			0	3	3		4,50	3	5,20	15	15	
Turbiedad	UNT	0,53			0,14	1,19	0,24		0,53	0,385	0,47	5	5	
STD	mg/L	360,9			389,7	413,4	403,8		391,95	396,75	22,87		1000	
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	35			32	37	37		35,25	36	2,36		250	
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	7,0			10,7	25,4	61,5		26,15	18,05	24,87			
Hierro (Fe)	mg/L	0,17			0,02	0,02	0,03		0,06	0,025	0,07		0,3	
Manganeso(Mn)	mg/L	0,003			<b>0,318</b>	<b>0,271</b>	<b>0,408</b>		<b>0,25</b>	<b>0,2945</b>	0,17		0,1	
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	1,0			1,9	2,1			1,67	1,9	0,59	50	50	
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	<b>4</b>			2	1	2		2,25	2	1,26	3	3	
Cloro residual (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	<b>0,03</b>			<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>		<b>0,03</b>	<b>0,025</b>	0,01	0,3 a 1,5	≥ 0,5	
Amonio (N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	0			0,80	0	0,11		0,23	0,055	0,39		1,5	
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L	0			0,72	0	0		0,18	0	0,36	1,5	1,5	
Dureza	mg/L	309,6			323	323	306		315,40	316,3	8,90		500	
Coliformes Totales	UFC/100 mL				0				0,00	0		Ausencia	Ausencia	
Coliformes Fecales	UFC/100 mL			<b>4</b>					2,00	2	2,83	Ausencia	Ausencia	

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

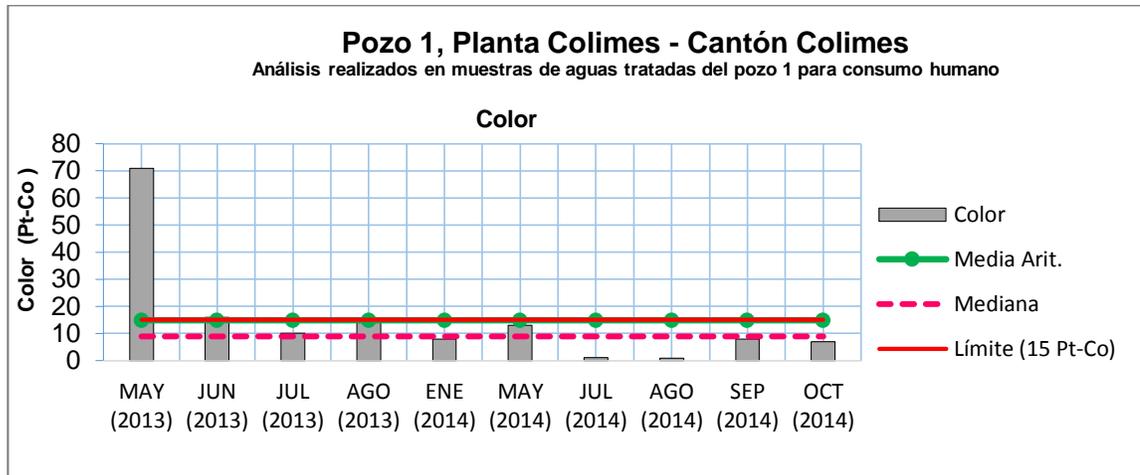
**Tabla 5. 28: Reporte de análisis de agua tratada para consumo humano - Mezcla de agua de los Pozos 4 y 5, La Curia-Cantón Colimes**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES												ESTADÍSTICAS			LÍMITE MÁXIMO	
		MAY (2013)	JUN (2013)	JUL (2013)	AGO (2013)	SEP (2013)	NOV (2013)	FEB (2014)	MAR (2014)	JUL (2014)	AGO (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	INEN 1108:2014	OMS (2011)		
pH	-	7	7.5	6.9	7.06	7.7	7.3	7.6	7.3	7.4	7	7.28	7.30	0.28		6.5 - 8.5		
Temperatura	°C	28	26	24.2	26	26	28	25	26	20	25	25.42	26.00	2.26				
Conductividad	us/cm	567	397	280	863	435	714	412	507	627	533.56	507.00	179.96					
Color	Pt-Co	26	2	7	0	4	0	1	0	3	0	4.30	1.50	7.96	15	15		
Turbiedad	UNT	6	0.38	0.72	0.19	0.51	0.21	0.49	0.5	0.85	1	1.09	0.51	1.75	5	5		
STD	mg/L	338.5	362.8	254	179.2	552.3	278.4	456.9	263	324.4	398	340.75	331.45	108.44		1000		
Sulfatos (SO4 <sup>2-</sup> )	mg/L	3	5	6	2	3	1	1	1	25	7	5.89	3.00	7.47		250		
Fosfatos (PO4 <sup>3-</sup> )	mg/L		0.61	2.5	6	3.8	4	0.56	0.56	16.7	24	6.51	3.80	8.26				
Hierro (Fe)	mg/L		0.02	0.06	0.03	0.06	0.03	<b>1.70</b>	0.07	0.02	0.02	0.22	0.03	0.55		0.3		
Manganeso(Mn)	mg/L	<b>0.6</b>	0.021	0.006	0.009	0.015	0.033	<b>0.13</b>	0.023	0.039	0.04	0.09	0.03	0.18		0.1		
Nitratos (NO3 <sup>-</sup> )	mg/L	2.6	1.1	0.9	1	0.9	0.4	0.6	1	1	2	1.15	1.00	0.66	50	50		
Nitritos (NO2 <sup>-</sup> )	mg/L	1	0.013	1	1	2	0	1	0	0	0	0.60	0.51	0.70	3	3		
Cloro residual (Cl2)	mg/L	0.7	<b>0.05</b>	<b>0.21</b>	<b>0.02</b>	0.5	1.23	<b>0.03</b>	<b>0.76</b>	<b>0.22</b>	1.5	0.52	0.36	0.52	0.3 a 1.5	≥ 0.5		
Amonio (NH3)	mg/L				0.01	0.2	0	0.03	0.03	0	0	0.04	0.01	0.07		1.5		
Fluor (F <sup>-</sup> )	mg/L				0	0.2	0	0.60	0.60	0	0	0.20	0.00	0.28	1.5	1.5		
Alcalinidad	mg/L	22										22.00	22.00					
Dureza	mg/L				68	85	68.8	68.8	187	101		114.23	85.00	63.23		500		
Coliformes Totales	UFC/100 mL						0	0	0	0		0.00	0.00	0.00	Ausencia	Ausencia		
Coliformes Fecales	UFC/100 mL					0						0.00	0.00		Ausencia	Ausencia		

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes.  
Fuente: Adaptado de Chalen, J. (2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

### 5.2.3 Gráficas estadísticas de los resultados de análisis de muestras de aguas tratadas Vs. límites permisibles.

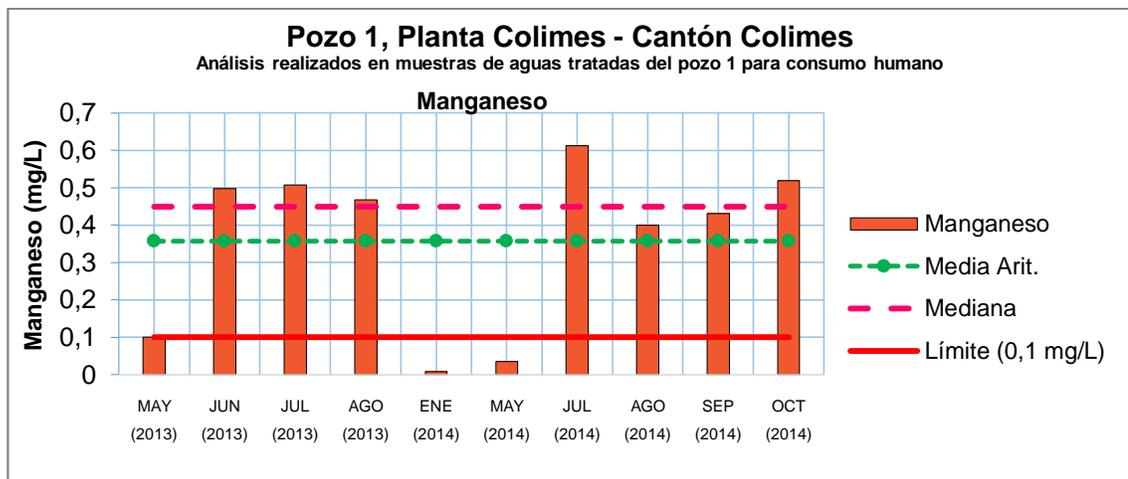
#### Pozo 1:



**Figura 5. 10 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

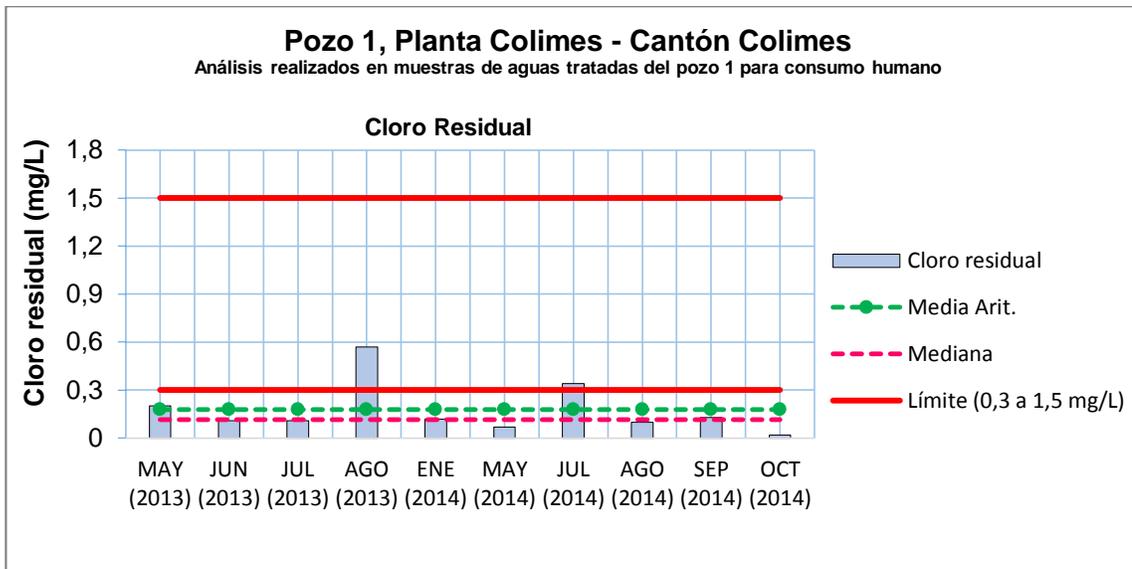
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 11 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

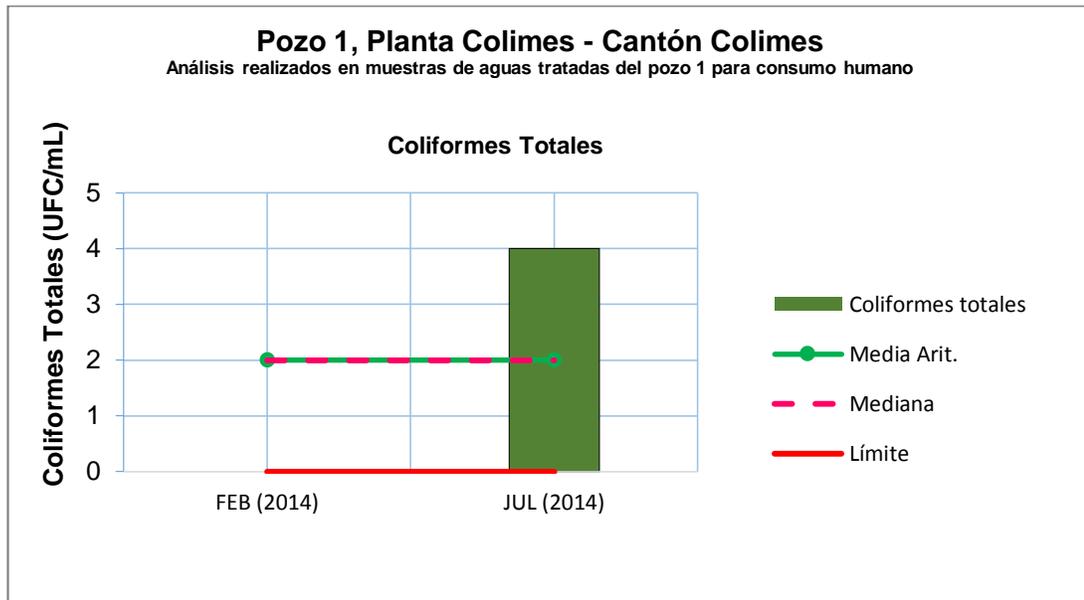
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 12 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

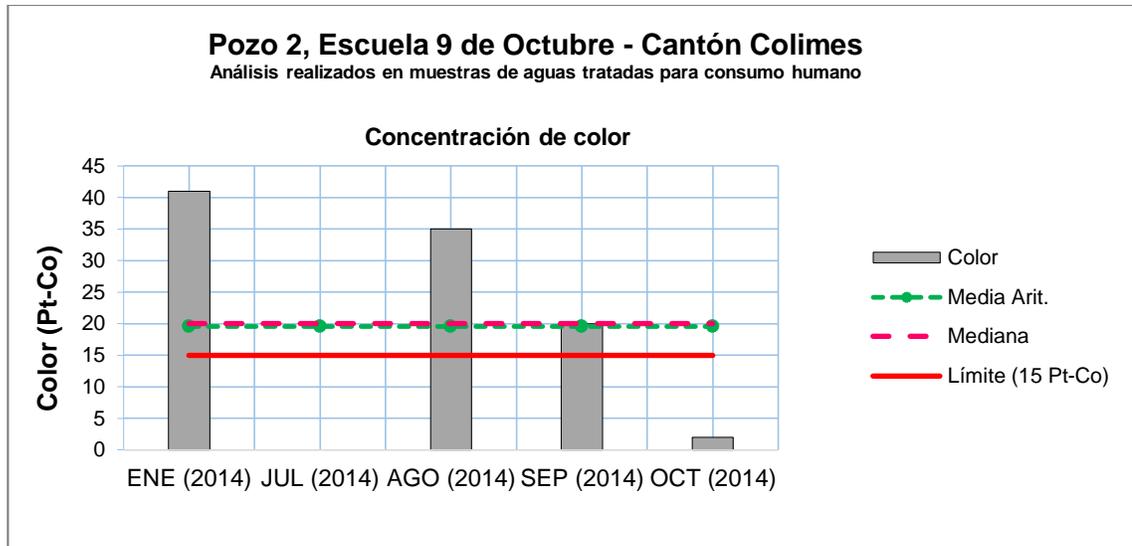


**Figura 5. 13 Concentración de coliformes totales en muestras de aguas tratadas del pozo 1 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

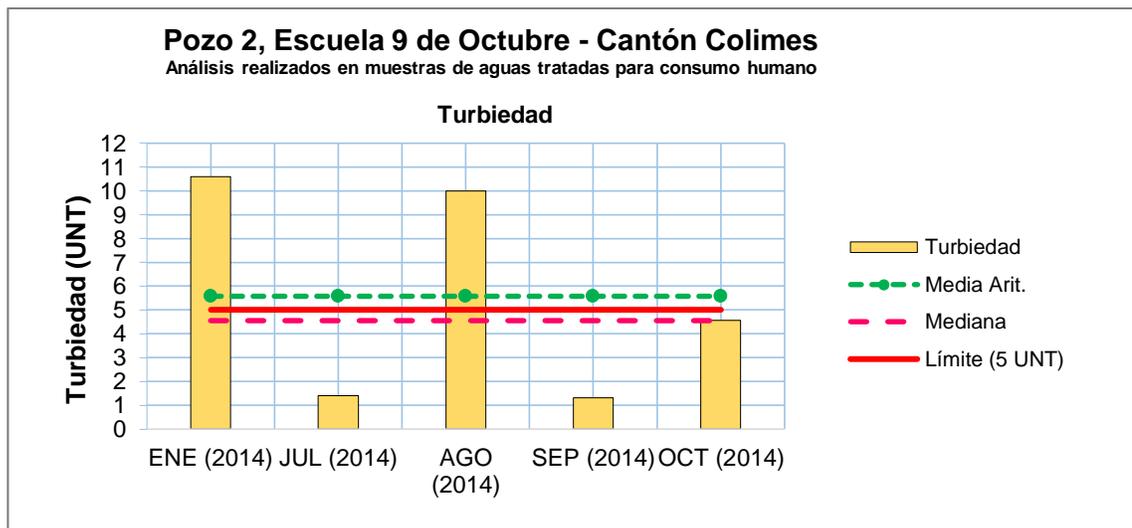
## Pozo 2:



**Figura 5. 14 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

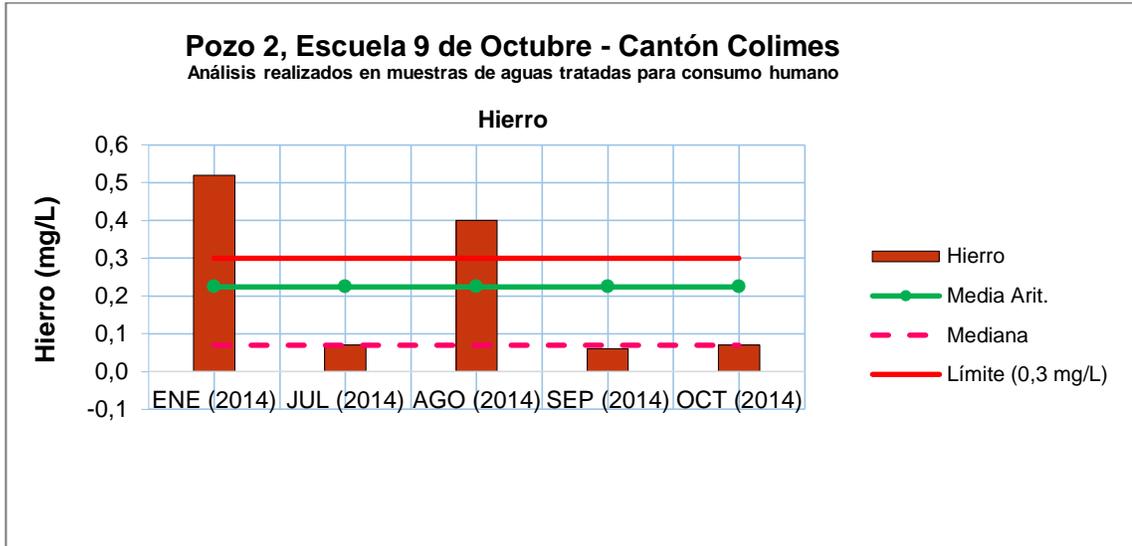
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 15 Concentración de turbiedad en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

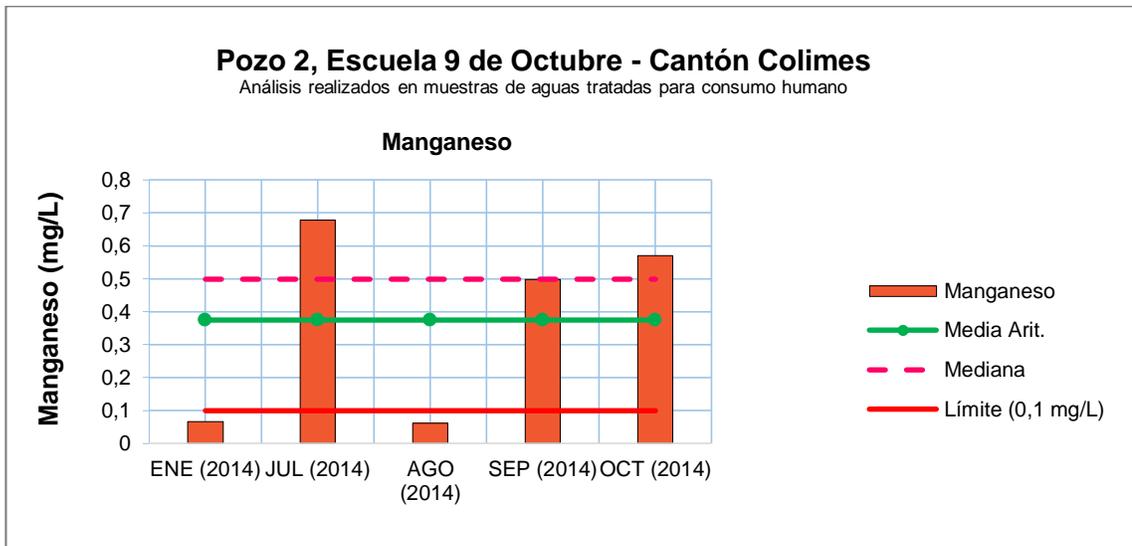
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 16 Concentración de hierro en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

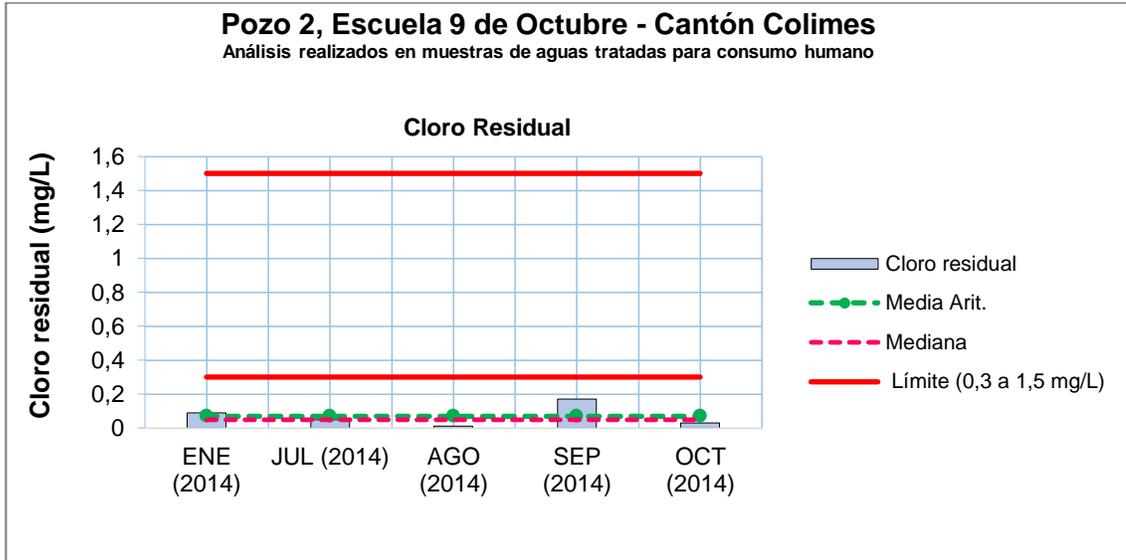
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 17 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

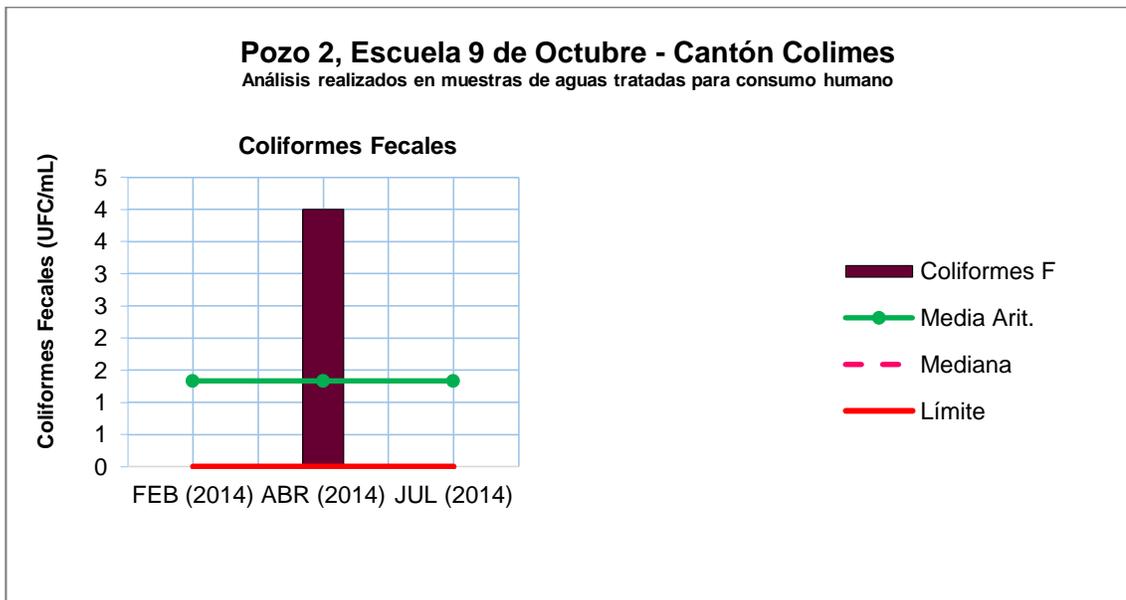
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 18 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

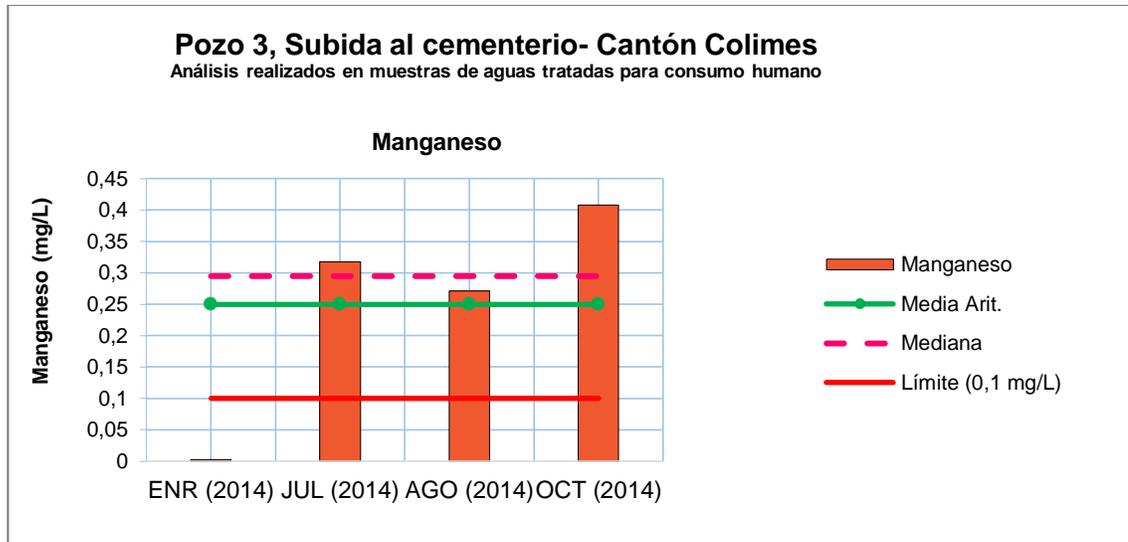


**Figura 5. 19 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas tratadas del pozo 2 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

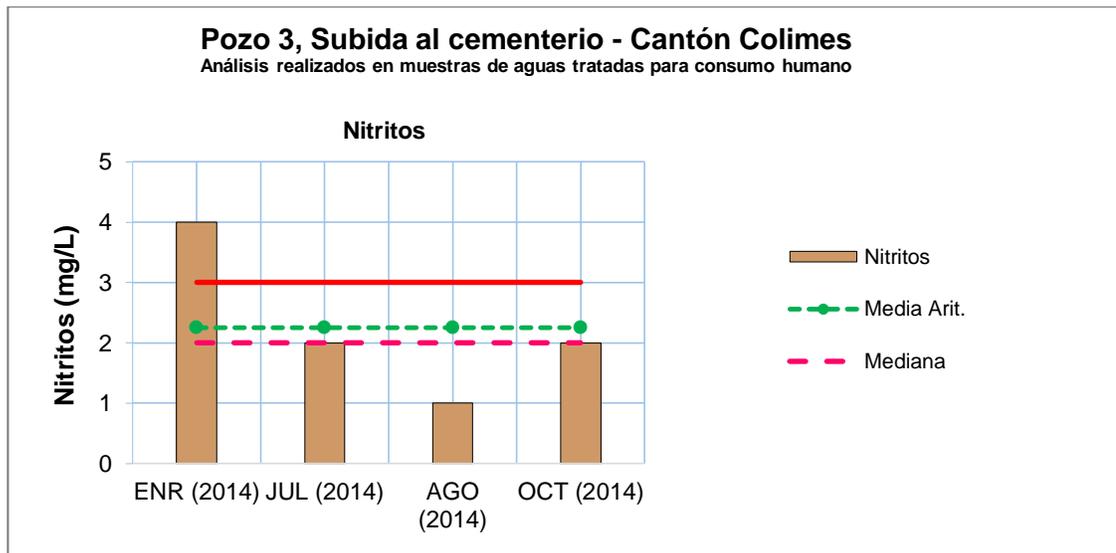
### Pozo 3:



**Figura 5. 20 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite**

Nota. Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

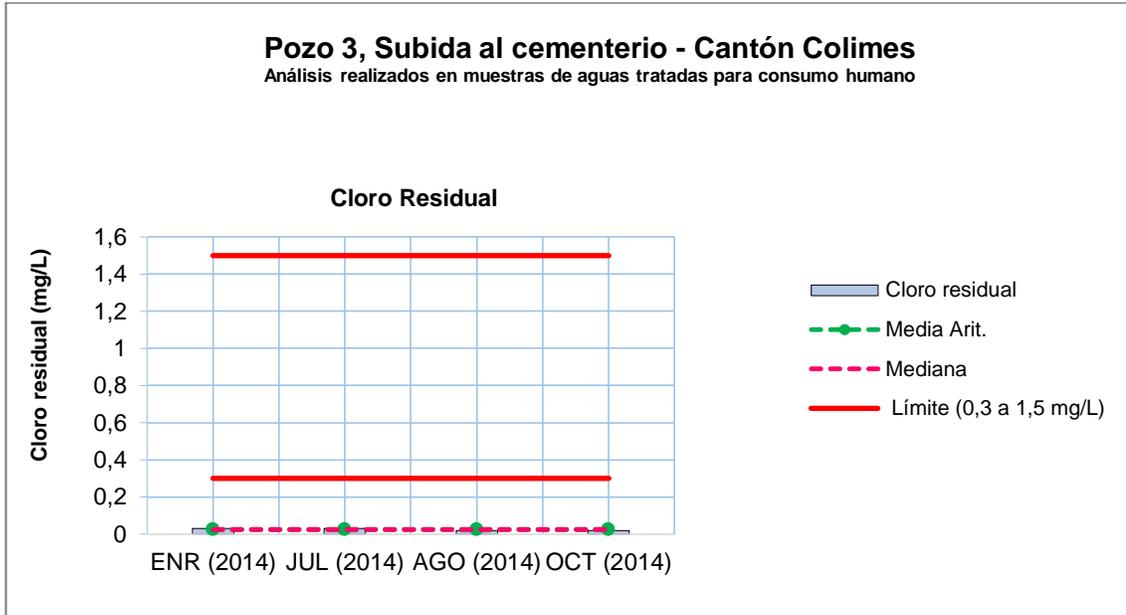
Elaborado por: Yomaira Caicedo



**Figura 5. 21 Concentración de nitritos en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite**

Nota. Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

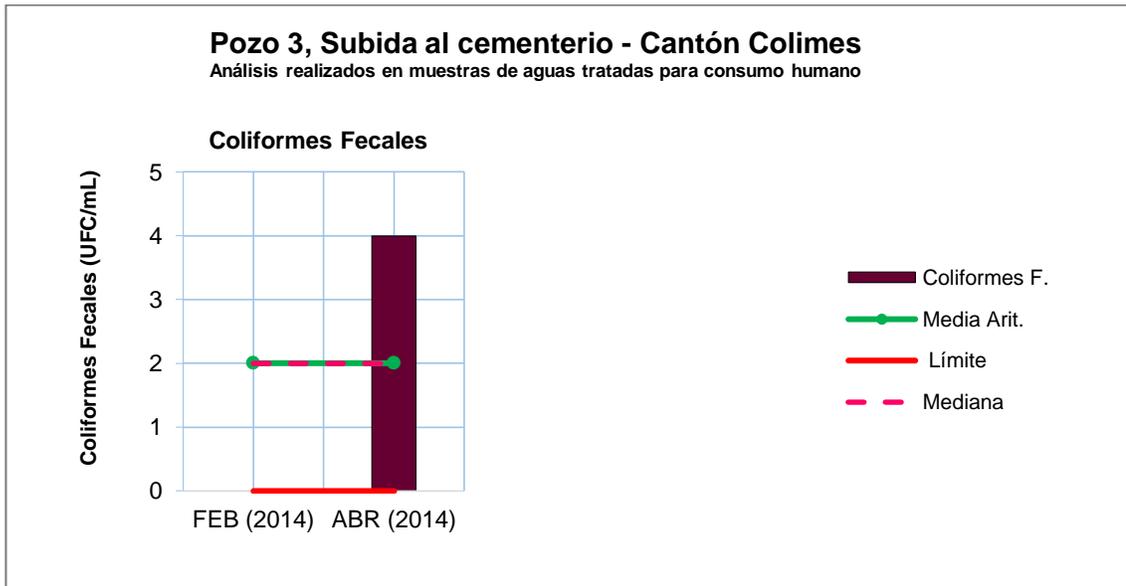
Elaborado por: Yomaira Caicedo



**Figura 5. 22 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

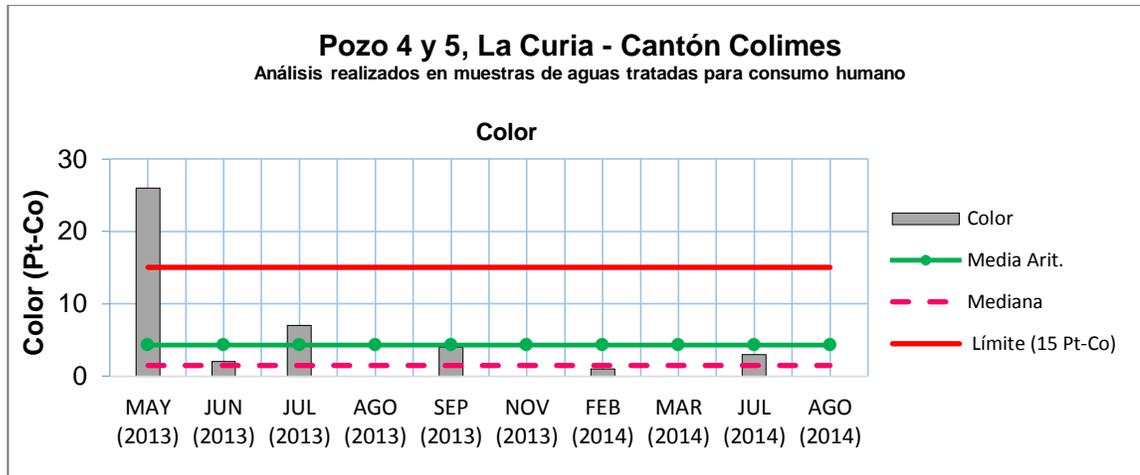


**Figura 5. 23 Concentración de coliformes fecales en muestras de aguas tratadas del pozo 3 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua.* Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

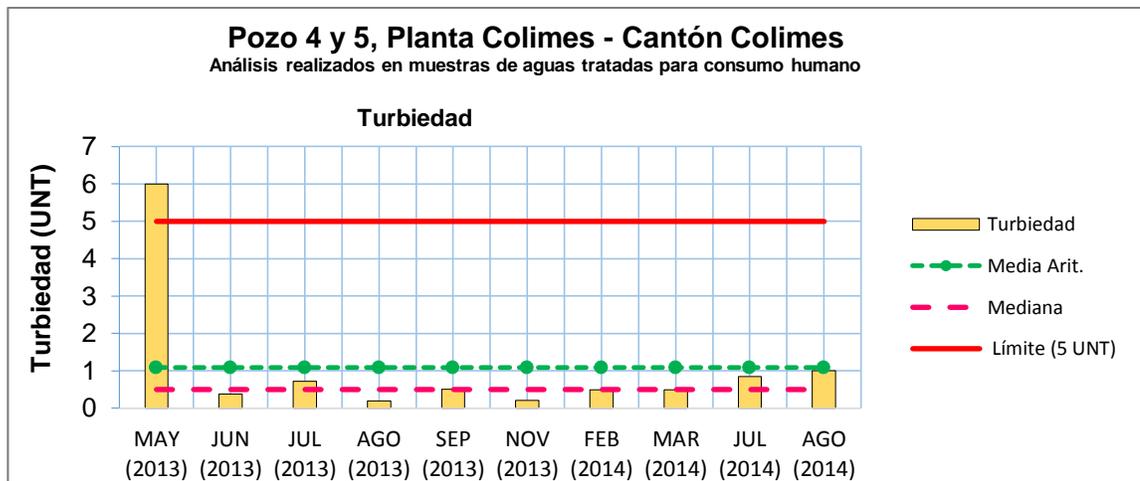
**Pozo 4 y 5:**



**Figura 5. 24 Concentración de color en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

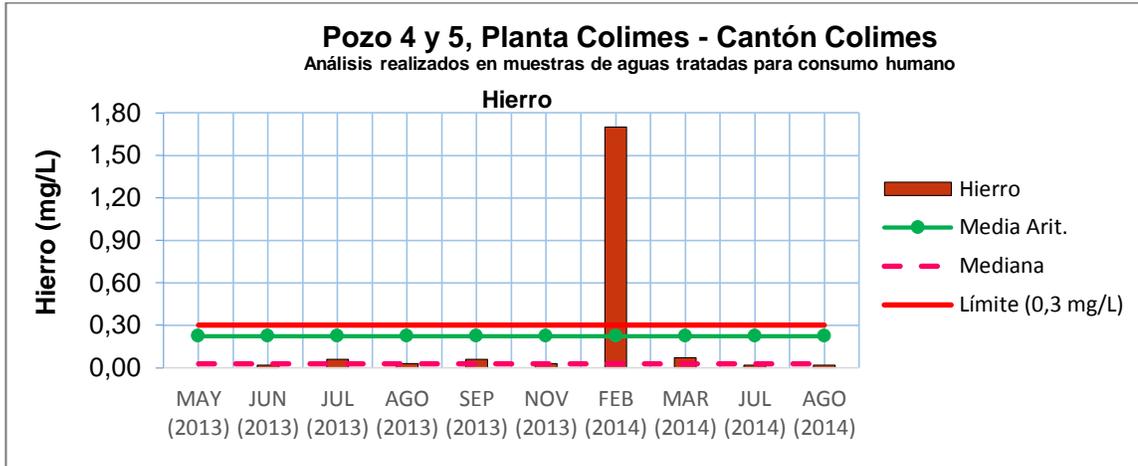
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 25 Concentración de turbiedad en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

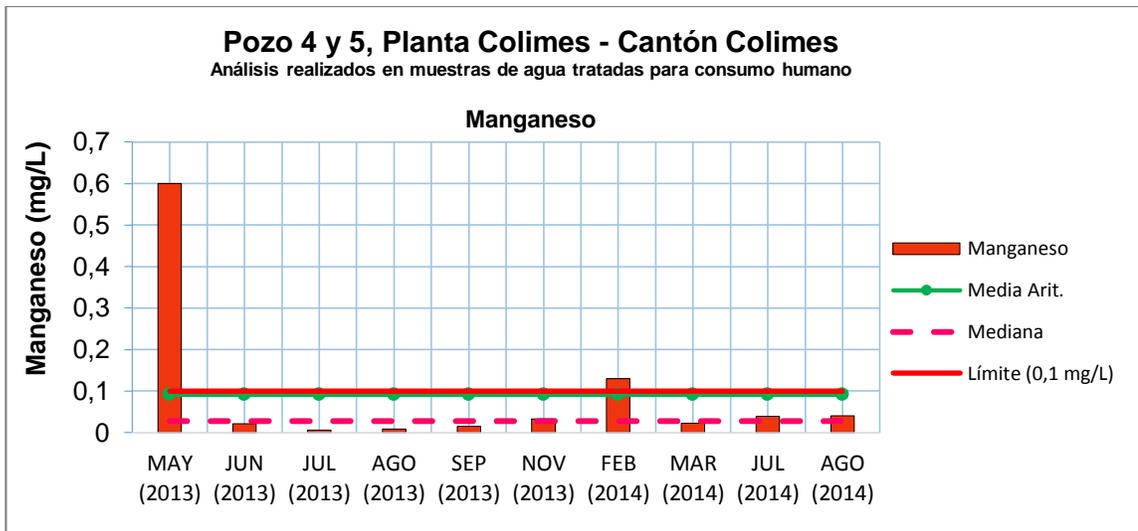
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 26 Concentración de hierro en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

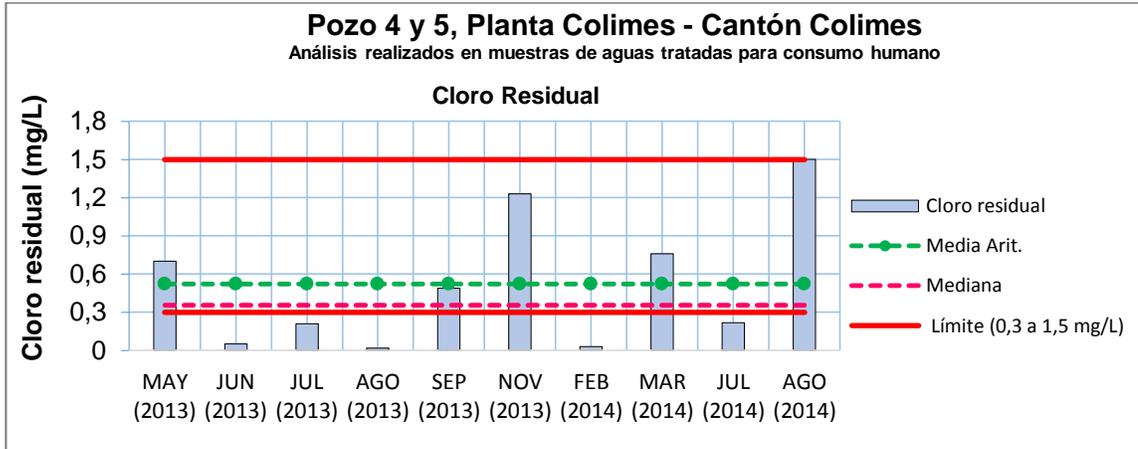
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 27 Concentración de manganeso en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



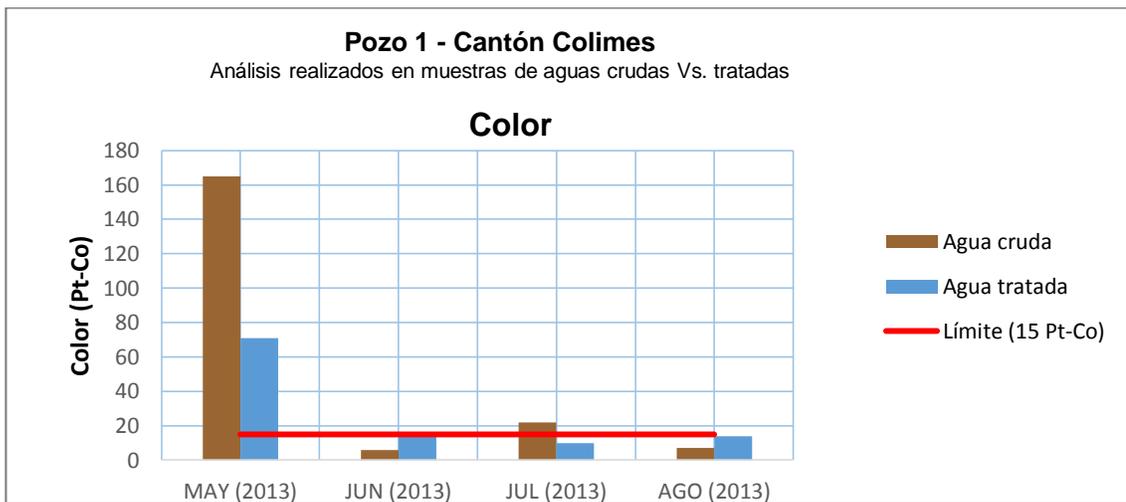
**Figura 5. 28 Concentración de cloro residual en muestras de aguas tratadas del pozo 4 y 5 Vs. límite**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013-2014). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

### 5.2.4 Gráficas comparativos agua cruda Vs. tratada.

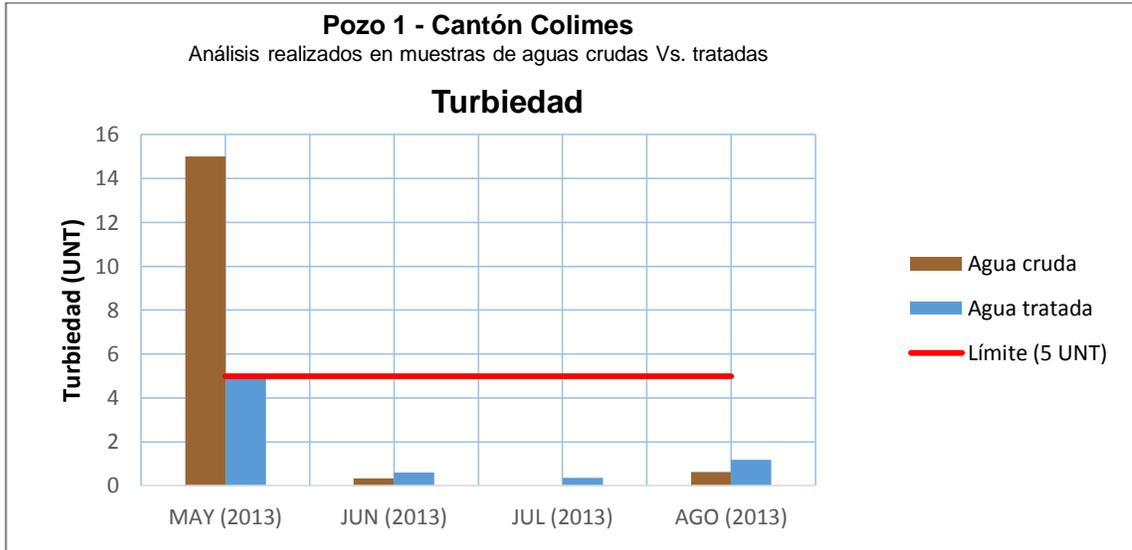
#### Pozo1:



**Figura 5. 29 Concentración de color en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

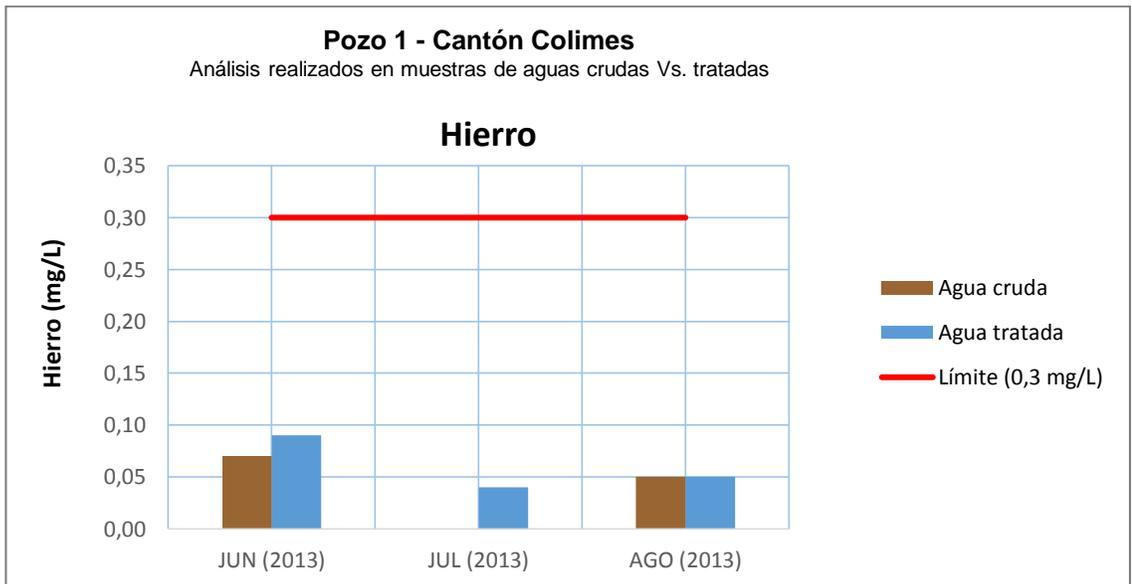
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 30 Concentración de turbiedad en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

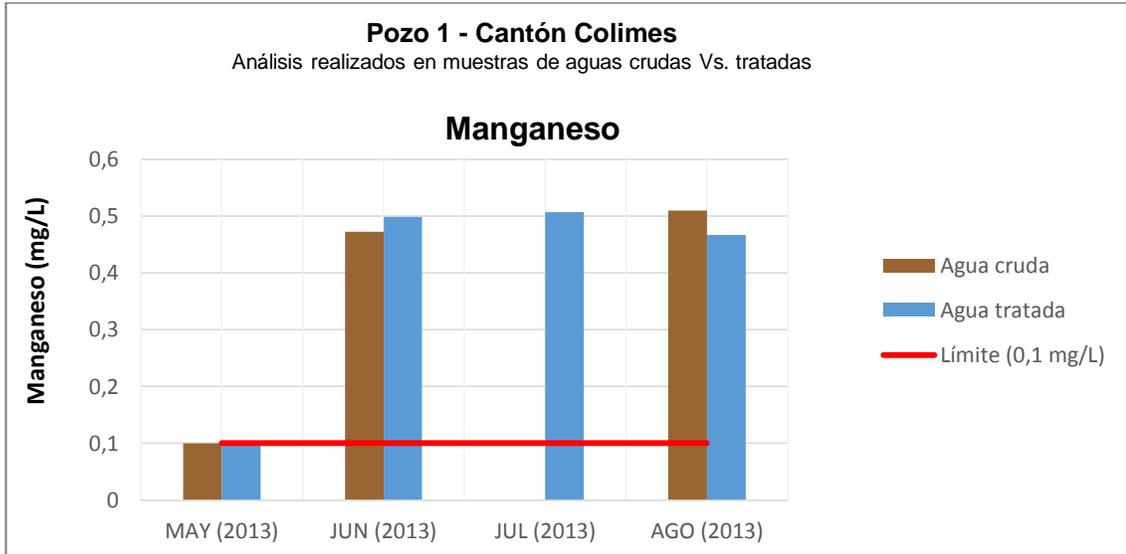
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 31 Concentración de hierro en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

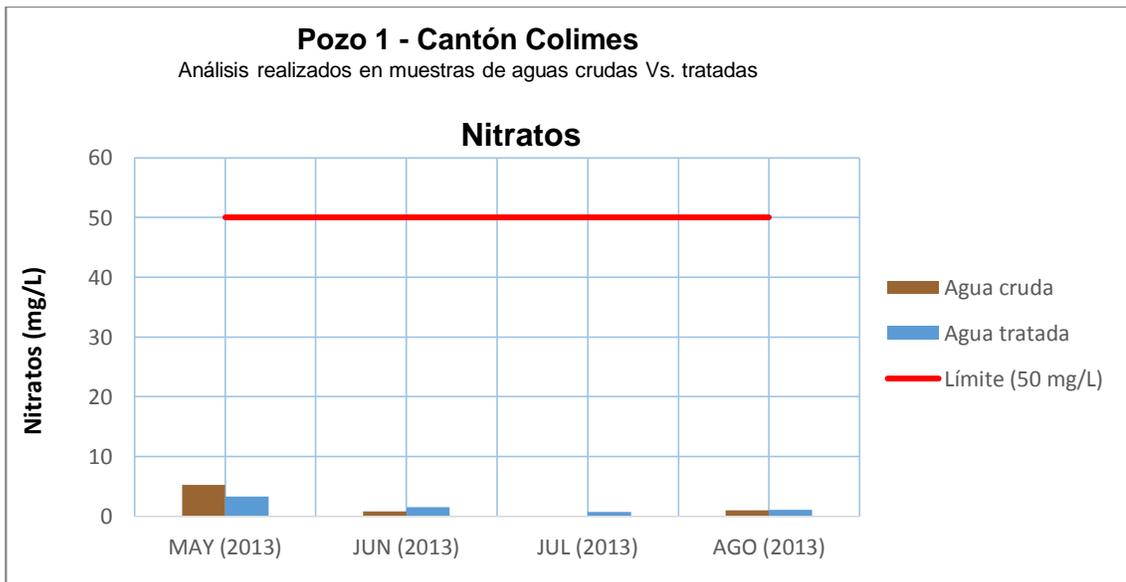
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 32 Concentración de manganeso en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

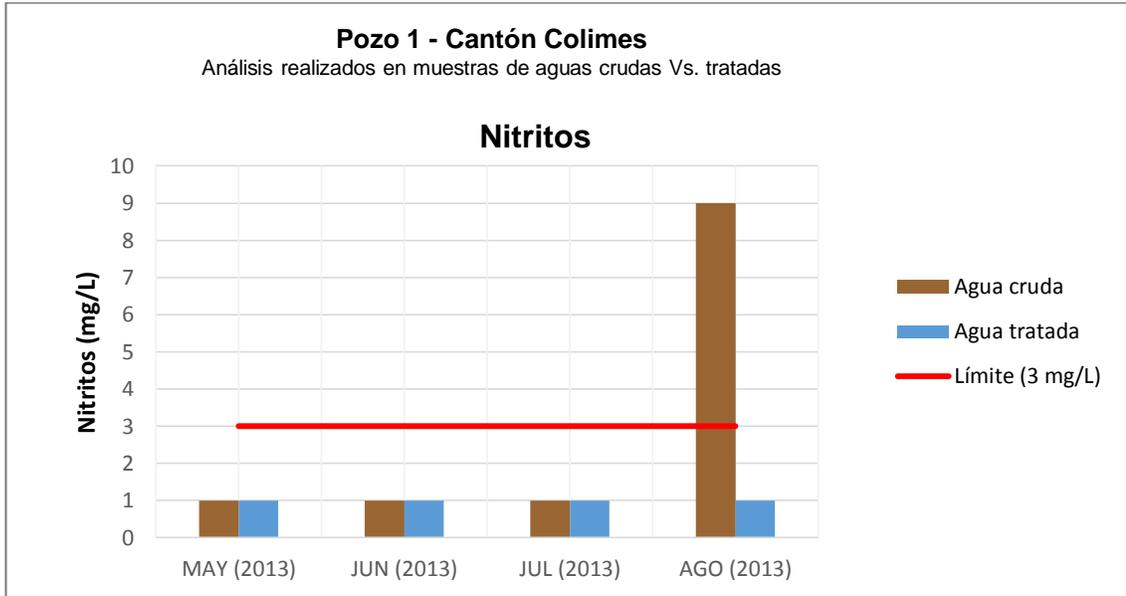
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 33 Concentración de nitratos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

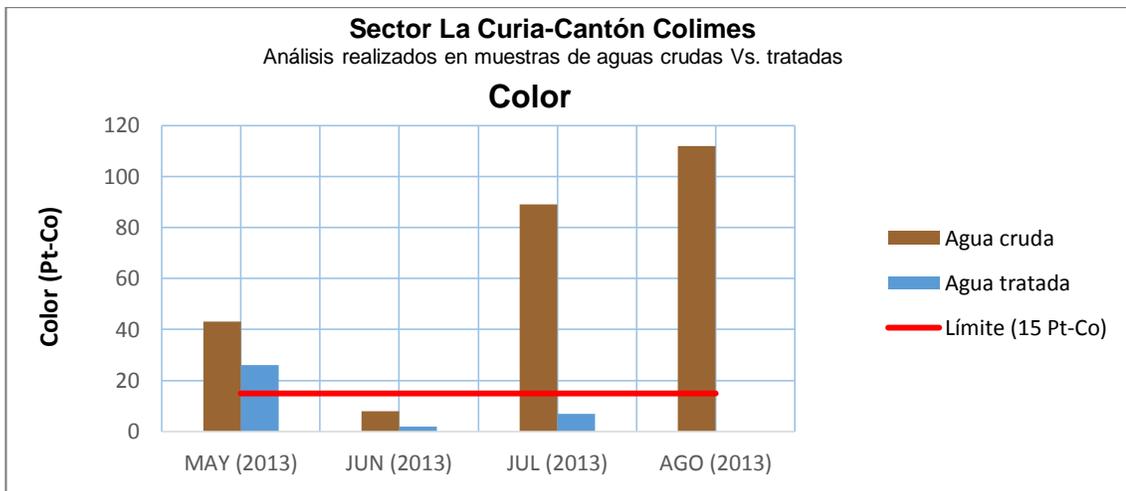


**Figura 5. 34 Concentración de nitritos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas del pozo 1**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

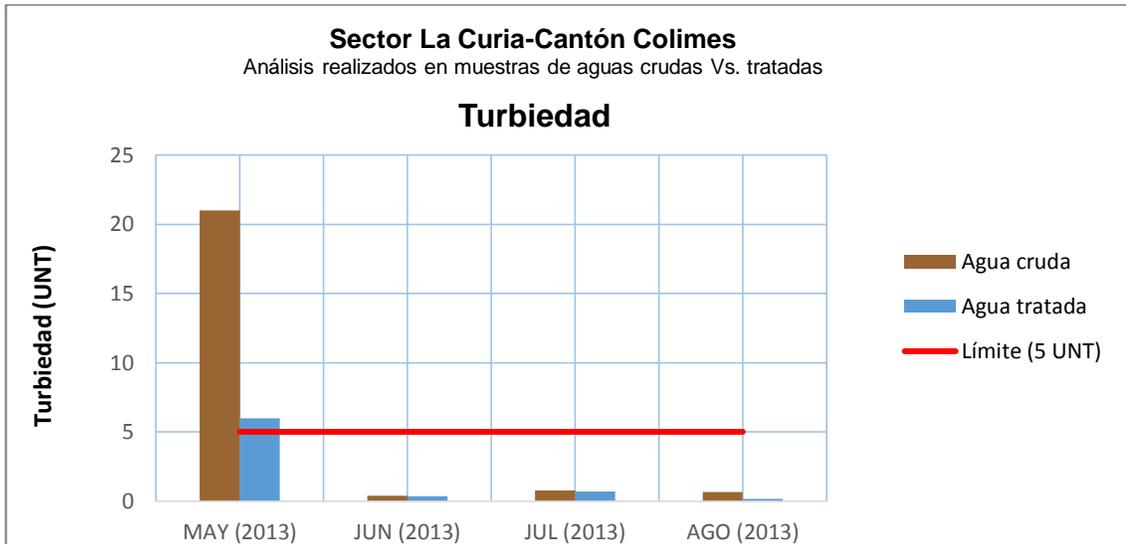
**Pozo 4 y 5:**



**Figura 5. 35 Concentración de color en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

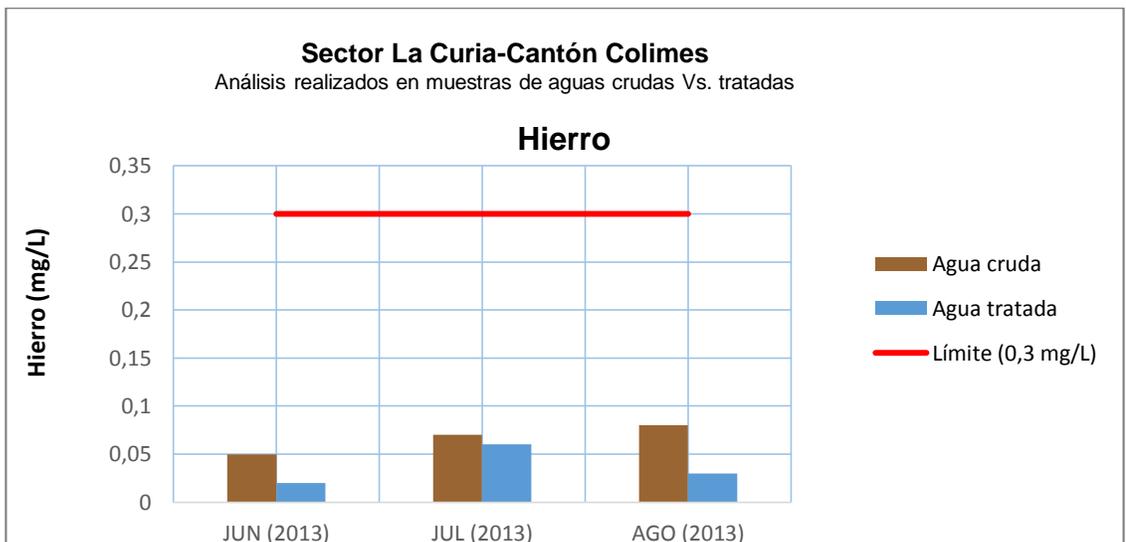
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 36 Concentración de turbiedad en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

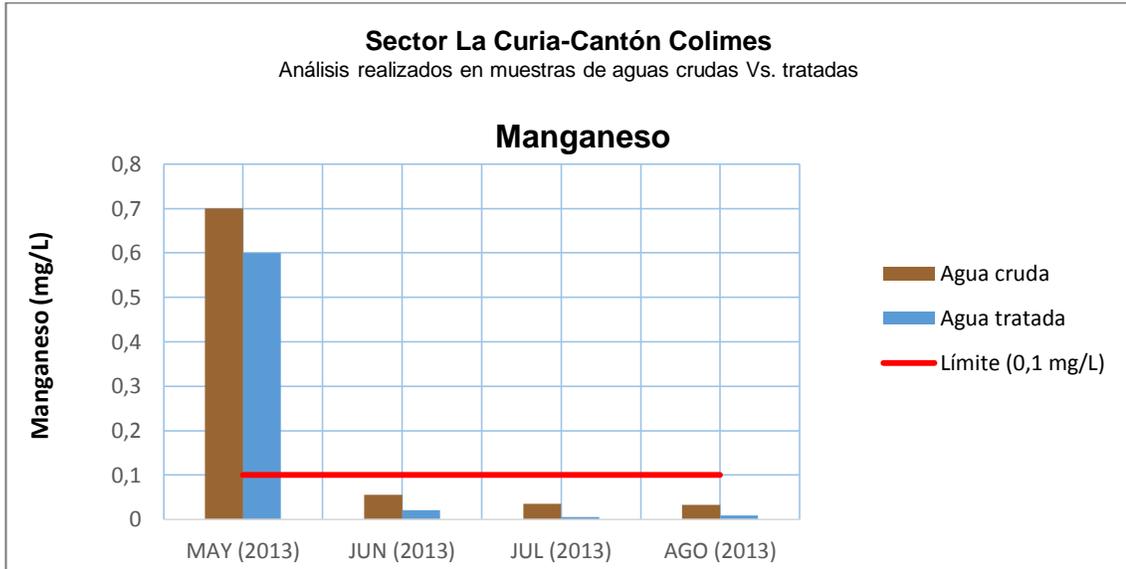
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 37 Concentración de hierro en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

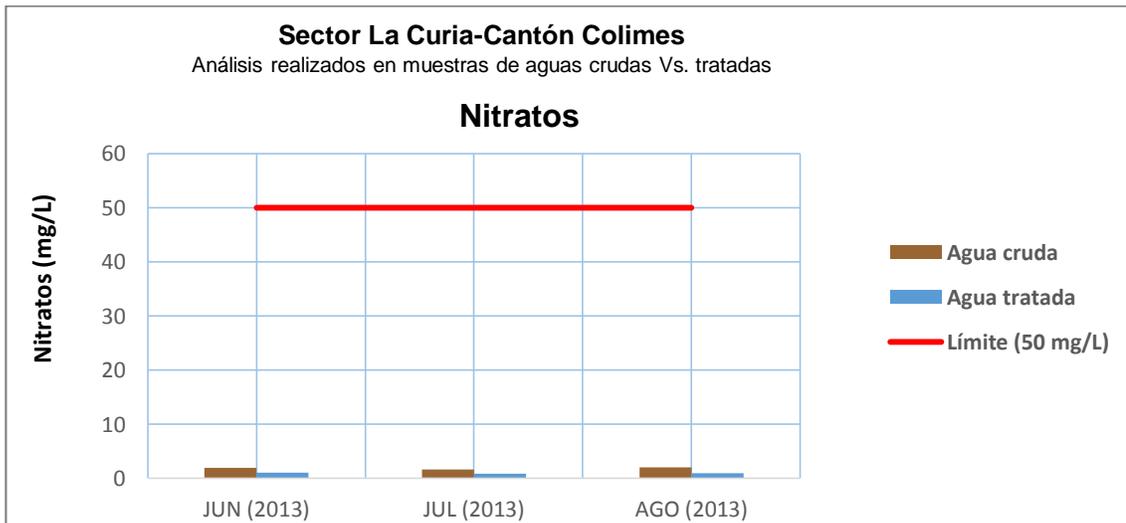
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 38 Concentración de manganeso en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

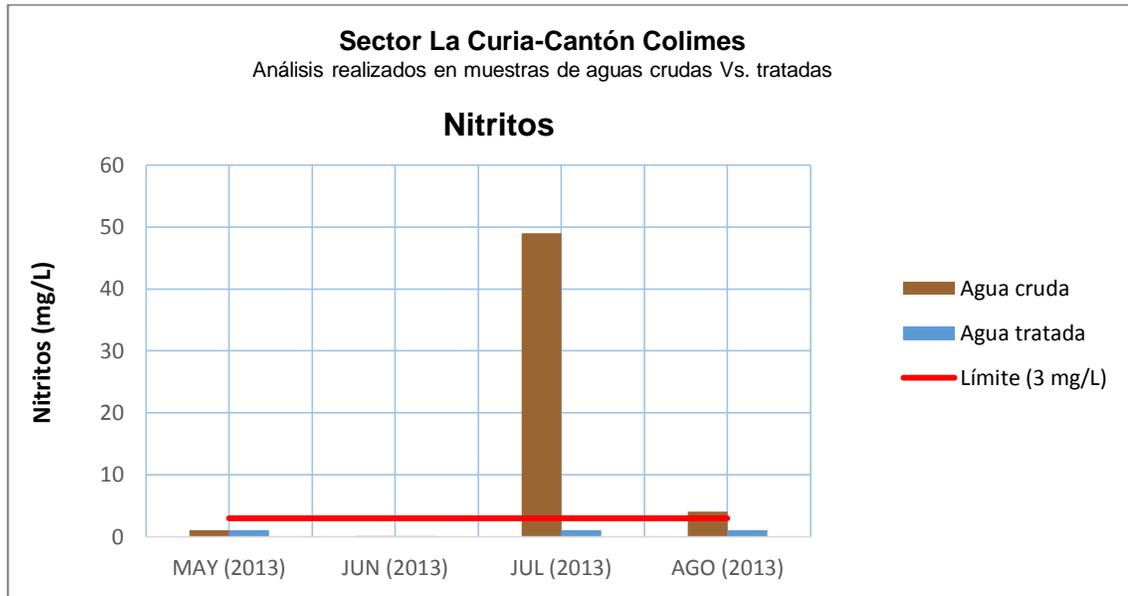
**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 39 Concentración de nitratos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo



**Figura 5. 40 Concentración de nitritos en muestras de aguas crudas Vs. tratadas de mezcla de aguas del pozo 4 y 5**

**Nota.** Fuente: Chalen, J. (2013). *Laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

## 5.3 Cantón Pedro Carbo

### 5.3.1 Muestreo.

En base a los reportes de laboratorio de análisis de agua entregados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Pedro Carbo se puede observar en la Tabla 5.29 que el laboratorio de agua de Pedro Carbo no realiza periódicamente análisis del agua. El número de análisis de laboratorio en muestras de agua es insuficiente.

En la Tabla 5.29 se muestra los lugares y los meses en que se realizaron reportes de análisis en muestras de aguas crudas en el periodo 2012-2014 en la cabecera cantonal de Pedro Carbo.

**Tabla 5. 29: Meses en los que se realizaron reportes de análisis de muestras de aguas crudas**

Toma de muestras de aguas crudas.												
SECTOR:	AÑO 2012											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pozo1-Fumisa					x		x			x		x
Pozo2-Barrio Guayaquil					x		x			x		x
Pozo3-Las Cucharas					x		x			x		x
Pozo4-Santa Martha	No existía											
Pozo5-Polideportivo	No existía											
Pozo6-10 de agosto(Colombia)	No existía											
SECTOR:	AÑO 2013											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pozo1-Fumisa			x									
Pozo2-Barrio Guayaquil			x									
Pozo3-Las Cucharas			x									
Pozo4-Santa Martha												
Pozo5-Polideportivo												
Pozo6-10 de agosto(Colombia)												
SECTOR:	AÑO 2014											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pozo1-Fumisa								x				
Pozo2-Barrio Guayaquil								x				
Pozo3-Las Cucharas								x				
Pozo4-Santa Martha								x				
Pozo5-Polideportivo								x				
Pozo6-10 de agosto(Colombia)								x				

**Fuente:** Empresa de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo. *Reporte de laboratorio de análisis de agua* (2013-2014).

**x** = mes en el que se realizó reporte de laboratorio de análisis de agua.

Elaborado por Yomaira Caicedo en base a los reporte de análisis de agua realizados por el laboratorio de agua del cantón Pedro Carbo en la zona urbana (2012-2014).

### 5.3.2 Tablas de resultados de laboratorio de análisis de agua cruda del Cantón Pedro Carbo.

Tabla 5. 30: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano – Pozo 1, Fumisa-Cantón Pedro Carbo

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES												ESTADÍSTICAS				LÍMITES		
		MAY (2012)	JUL (2012)	OCT (2012)	NOV (2012)	DIC (2012)	MAR (2013)	AGO (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	TULSMA (requiere sólo desinfección)	INEN 1108:2014	OMS (2011)						
Color Verdadero	Pt-Co	16	29	36	32	28	32	38	30,14	32	7,17	15	15	15						
Turbiedad	UNT	0,40	0,40	0,47	0,37	0,36	0,45	0,344	0,40	0,395	0,05	5	5	5						
Olor	-	inobjetable				No Objetable	No Objetable													
Sabor	-	inobjetable				No Objetable	No Objetable													
pH	-	9,6	9,6	9,2	9,2	9	9,4	9,07	9,30	9,2	0,24	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5						
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1259	1260	1283	1248	1159	1271	1398	1288,14	1260	70,21									
Salinidad	0/00	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,61	0,6	0,04									
Sólidos totales disueltos	mg/L	621	622	635	616	614	628	683	632,71	622	27,52			1000						
Cobre (Cu)	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	2	2	2						
Cromo (Cr +6)	mg/L	0,065	0,083	0,099	0,276	0,274	0,02	0,050	0,12	0,083	0,11	0,05	0,05	0,05						
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	80	56	24	28	32	46	44,33	39	21,18										
Fluoruro	mg/L	0,84	0,72	0,96	0,47	0,5	0,62	1,28	0,77	0,72	0,29	1,5	1,5	1,5						
Fosfato (P-PO4)	mg/L	0,72	1,06	0,85	1,01	1,03	0,94	1,23	0,98	1,01	0,16									
Fosforo (P)	mg/L	0,26	0,35	0,28	0,34	0,34	0,31	0,41	0,33	0,34	0,05									
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,01	0,3	0,3	0,3						
Manganeso (Mn)	mg/L	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	1,4	0,50	0,2	0,47			0,1						
Nitratos (NHNO3)	mg/L	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,9	11,2	2,17	0,6	3,99	50	50	50						
Nitritos (NO2 - N)	mg/L	0,010	0,005	0,002	0,011	0,018	0,01	0,064	0,02	0,01	0,02	0,2	0,2	0,2						
Potasio	mg/L	4,3	2,3	3,4	2,2	2,1		3	2,88	2,65	0,86			3						
Sulfatos (SO4)	mg/L	108	87	99	106	110	136	120	109,43	108	15,51	250	250	250						
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	516	520	488	496	496	476	440	490,29	496	26,92									
Bicarbonatos (CO3H)	mg/L	314,8	317,2	298	303	303	290	288,4	299,26	303	16,45									
CO2	mg/L	5,2	5	5	5	5	4,8	0,09	4,18	5	2,01									
Cloruros	mg/L	30	34	40	34	40	32		35,00	34	4,15	250	250	250						
Sodio	mg/L	19,5	22,06	26	22,1	22	21		22,08	22,03	2,18			200						
Coliformes Totales	UFC/100 mL		0	0	0	4	4	80	14,67	2	32,07	Ausencia	Ausencia	Ausencia						
Coliformes Fecales	UFC/100 mL		0	0	0	1	1	0	0	0	0,52	Ausencia	Ausencia	Ausencia						

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). Reporte de laboratorio de análisis de agua. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

**Tabla 5. 31: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 2, Barrio Guayaquil-Cantón Pedro Carbo**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES												ESTADÍSTICAS				LÍMITES	
		MAY (2012)	JUL (2012)	OCT (2012)	NOV (2012)	DIC (2012)	MAR (2013)	AGO (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TULSINA (requiere sólo desinfección)	OMS (2011)	OMS INEN 11062014 (2011)					
Color Verdadero	PCo	11	16	18	26	19	16	49	2214	18	12,67	15	15	15					
Turbiedad	UNT	0,18	0,200	0,215	0,215	0,221	0,23	0,152	0,20	0,215	0,03	5	5	5					
Olor	-	inobjetable	inobjetable	inobjetable	No Objetable	No Objetable	No Objetable												
Sabor	-	inobjetable	inobjetable	inobjetable	No Objetable	No Objetable	No Objetable												
pH	-	9,3	9,4	8,7	8,9	9	9,1	8,82	9,03	9	0,25	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5					
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1399	1403	1407	1385	1402	1383	1348	1391,00	1399	20,31								
Salinidad	0/00	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,70	0,7	0,00								
Sólidos totales disueltos	mg/L	683	695	698	686	695	690	683	682,86	683	3,89			1000					
Cobre (Cu)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	2	2	2					
Cromo (Cr +6)	mg/L	0,062	0,130	0,207	0,241	0,269	0,02	0,044	0,14	0,13	0,10	0,05	0,05	0,05					
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	80	80	80	60	128	68	90	83,71	80	21,80			-					
Fluoruro	mg/L	0,7	0,71	0,86	0,37	0,43	0,36	0,75	0,60	0,7	0,20			1,5					
Fosfato (P-PO4)	mg/L	0,88	0,99	0,89	0,87	0,79	0,81	0,81	0,88	0,88	0,08								
Fosforo (P)	mg/L	0,30	0,33	0,30	0,32	0,26	0,27	0,27	0,29	0,3	0,03								
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,02	0,04	0,01	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,3		0,3					
Manganeso (Mn)	mg/L	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	1,1	0,8	0,54	0,4	0,30			0,1					
Nitratos (N-NO3)	mg/L	1,0	0,4	0,7	0,9	1,6	0,9	1,4	0,99	0,9	0,41	50	50	50					
Nitritos (NO2 - N)	mg/L	0,2	0,065	0,078	0,2	0,2	0,2	0,007	0,15	0,2	0,10	0,2	3	3					
Potasio	mg/L	3,1	2,2	2,4	2,3	2,5		3,1	2,60	2,45	0,40								
Sulfatos (SO4)	mg/L	159	148	126	162	165	204	180	166,29	162	25,79	250		250					
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	468	480	504	472	476	452	468	474,29	472	15,81								
Bicarbonatos (CO3H)	mg/L	285,5	292,8	307,4	288	290	331	285,5	297,11	280	16,58								
CO2	mg/L		4,8	5	5	5	4,5	4,09	4,07	4,9	1,96								
Cloruros	mg/L	30	35	46	36	42	36	37,50	36	36	5,65			250					
Sodio	mg/L	19,5	22,71	30	23,4	27	23	24,34	23,4	23,4	3,66			200					
Coliformes Totales	UFC/100 ml	0	0	0	5	1	1	160	27,83	1	64,77	200	Ausencia	Ausencia					
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	0	0	0	0	1	1	0	0,33	0	0,52	20	Ausencia	Ausencia					

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

**Tabla 5. 32: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano Pozo 3, Las Cucharas-Cantón Pedro Carbo**

PARÁMETRO	UNIDAD	MESES										ESTADÍSTICAS			LÍMITES		
		MAY (2012)	JUL (2012)	OCT (2012)	NOV (2012)	DIC (2012)	MAR (2013)	AGO (2014)	MEDIA ARITMÉTICA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	TU.SMA (requiere sólo desinfección)	OMS (2011)	OMS (2011)			
Color Verdadero	PCO	15	21	16	20	11	11	35	18,43	16	8,28	15	15	15			
Turbiedad	UNT	0,35	0,137	0,188	0,214	0,260	0,18	0,315	0,23	0,214	0,08	5	5	5			
Olor	-	inobjetable				No Objetable	No Objetable										
Sabor	-	inobjetable				No Objetable	No Objetable										
pH	-	9,2	9,3	8,6	8,8	8,9	8,9	8,67	8,91	8,9	0,26	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5			
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1462	1484	1497	1465	1479	1517	1660	1509,14	1484	69,14						
Salinidad	0/00	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,73	0,7	0,05						
Sólidos totales disueltos	mg/L	730	737	744	727	734	754	828	750,57	737	35,33			1000			
Cobre (Cu)	mg/L	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	2	2	2			
Cromo (Cr+6)	mg/L	0,068	0,158	0,213	0,247	0,282	0,03	0,05	0,15	0,158	0,10	0,05	0,05	0,05			
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	92	60	60	72	92	100	120	89,33	92	21,12						
Fluoruro	mg/L	0,84	1,15	1,09	0,75	0,58	0,84	0,99	0,89	0,84	0,20		1,5	1,5			
Fosfato (P-PO4)	mg/L	0,94	1,93	0,9	0,83	0,76	0,84	0,65	0,88	0,84	0,43						
Fosforo (P)	mg/L	0,31	0,64	0,3	0,28	0,25	0,27	0,22	0,32	0,28	0,14						
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,08	0,03	0,02	0,02	0,3		0,3			
Manganeso (Mn)	mg/L	0,2	0,6	0,2	0,2	0,2	0,7	0,6	0,39	0,2	0,23			0,1			
Nitritos (NNO3)	mg/L	1,5	0,7	1,0	0,6	0,8	0,7	12,6	2,56	0,8	4,44	50	50	50			
Nitros (NO2 - N)	mg/L	0,030	0,012	0,204	0,194	0,006	0,02	0,005	0,07	0,018	0,09	0,2	3	3			
Potasio	mg/L	2,8	2,6	2,6	2,2	1,5		3,2	2,48	2,6	0,58						
Sulfatos (SO4)	mg/L	1,36	1,64	1,64	2,01	2,03	1,48	2,44	1,80,00	1,64	3,772	250		250			
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	460	528	512	492	480	476	528	496,57	492	26,68						
Bicarbonatos (CO3H)	mg/L	281	322	312	300,1	293	290	322,1	302,94	300,1	16,11						
CO2	mg/L		5,3	5,1	5	4,8	4,8	0,09	4,18	4,9	2,01						
Cloruros	mg/L	34	40	44	42	38	34		38,67	39	4,13			250			
Sodio	mg/L	22,1	25,95	29	27,3	25	22		25,24	25,475	2,78			200			
Coliformes Totales	UFC/100 mL		0	0	0	5	1	112	19,67	1	45,28	200	Ausencia	Ausencia			
Coliformes Fecales	UFC/100 mL		0	0	0	1	1	0	0,33	0	0,52	20	Ausencia	Ausencia			

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

**Tabla 5. 33: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 4, Santa Martha-Cantón Pedro Carbo**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITES		
			TULSMA (requiere sólo desinfección)	INEN 1108:2014	OMS (2011)
Color Verdadero	Pt-Co	<b>60</b>	15	15	15
Turbiedad	UNT	0,472	5	5	5
Olor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
Sabor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
pH	-	<b>8,71</b>	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1979			
Salinidad	0/00	1			
Sólidos totales disueltos	mg/L	9,94			1000
Cobre (Cu)	mg/L	0,06	2	2	2
Cromo (Cr +6)	mg/L	0,050	0,05	0,05	0,05
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	96			
Fluoruro	mg/L	1,19		1,5	1,5
Fosfato (P-PO4)	mg/L	0,64			
Fosforo (P)	mg/L	0,21			
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,06	0,3		0,3
Manganeso (Mn)	mg/L	<b>0,9</b>			0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/L	15,6	50	50	50
Nitritos (NO2 - N)	mg/L	0,298	0,2	3	3
Potasio	mg/L	4,4			
Sulfatos (SO4)	mg/L	304	250		250
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	524			
Bicarbonatos (CO3H)	mg/L	319,6			
CO2	mg/L	0,09			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	<b>200</b>	200	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	20	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

**Tabla 5. 34: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano- Pozo 5, Polideportivo-Cantón Pedro Carbo**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITE		
			TULSMA (requiere sólo desinfección)	INEN 1108:2014	OMS (2011)
Color Verdadero	Pt-Co	12	15	15	15
Turbiedad	UNT	0,630	5	5	5
Olor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
Sabor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
pH	-	7,75	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1966			
Salinidad	0/00	1			
Sólidos totales disueltos	mg/L	987			1000
Cobre (Cu)	mg/L	0,03	2	2	2
Cromo (Cr +6)	mg/L	0,040	0,05	0,05	0,05
Dureza Total (CaCO3)	mg/L	376			
Fluoruro	mg/L	0,6		1,5	1,5
Fosfato (P-PO4)	mg/L	0,37			
Fosforo (P)	mg/L	0,12			
Hierro Total (Fe)	mg/L	0,22	0,3		0,3
Manganeso (Mn)	mg/L	<b>0,5</b>			0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/L	1,7	50	50	50
Nitritos (NO2 - N)	mg/L	0,005	0,2	3	3
Potasio	mg/L	5,6			
Sulfatos (SO4)	mg/L	43	250		250
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/L	428			
Bicarbonatos (CO3H)	mg/L	261,1			
CO2	mg/L	0,31			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	<b>20</b>	200	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	20	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes.  
Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

**Tabla 5. 35: Reporte de análisis de agua cruda para consumo humano - Pozo 6, 10 de Agosto-Cantón Pedro Carbo**

PARÁMETRO	UNIDAD	MES	LÍMITES		
		AGO (2014)	TULSMA (requiere sólo desinfección)	INEN 1108:2014	OMS (2011)
Color Verdadero	Pt-Co	<b>22</b>	15	15	15
Turbiedad	UNT	0,265	5	5	5
Olor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
Sabor	-	inobjetable	No Objetable	No Objetable	
pH	-	<b>8,6</b>	6 a 9	6,5-8,5	6,5-8,5
Conductividad Eléctrica	uS/cm	1455			
Salinidad	0/00	0,7			
Sólidos totales disueltos	mg/l	722			1000
Cobre (Cu)	mg/l	0,03	2	2	2
Cromo (Cr +6)	mg/l	0,048	0,05	0,05	0,05
Dureza Total (CaCO3)	mg/l	184			
Fluoruro	mg/l	1,45		1,5	1,5
Fosfato (P-PO4)	mg/l	1,11			
Fosforo (P)	mg/l	0,37			
Hierro Total (Fe)	mg/l	0,03	0,3		0,3
Manganeso (Mn)	mg/l	<b>0,8</b>			0,1
Nitratos (N-NO3)	mg/l	5,2	50	50	50
Nitritos (NO2 - N)	mg/l	0,128	0,2	3	3
Potasio	mg/l	2,8			
Sulfatos (SO4)	mg/l	189	250		250
Alcalinidad Total (CaCO3)	mg/l	516			
Bicarbonatos (CO3H)	mg/l	314,8			
CO2	mg/l	0,09			
Coliformes Totales	UFC / 100 mL	<b>82</b>	200	Ausencia	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC / 100 mL	0	20	Ausencia	Ausencia

**Nota.** Los números de color rojo indican que no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes. Fuente: Adaptado de QF. Venegas M. (2012-2014). *Reporte de laboratorio de análisis de agua*. Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado del Cantón Pedro Carbo.

## **Capítulo 6**

### **Análisis de los resultados de laboratorio**

#### **6.1 Santa Lucía**

##### **6.1.1 Agua cruda.**

###### **6.1.1.1 Características físicas.**

La concentración de **color** en nueve muestras de aguas crudas provenientes de aguas superficiales en este caso del río Daule varían de 20 a 158 unidades de Pt-Co. Todas las muestras superan el límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2 y Figura 5.3).

La **turbidez** en el 100% de las muestras supera el límite mínimo establecido por la norma TULSMA. Los valores de turbidez oscilan entre 14 y 260 UNT (Ver Tabla 5.2 y Figura 5.4).

Por otro lado los **sólidos totales** disueltos si se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2).

###### **6.1.1.2 Características químicas.**

El **hierro** se encuentra presente en todas las muestras y varía de 0,43 a 3,17 mg/L superan el límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2 y Figura 5.5).

Los demás parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2).

### **6.1.1.3 Características bacteriológicas.**

El 14% de las muestras presenta **coliformes totales** en cantidades superiores a 200 UFC/100mL, límite establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2 y Figura 5.8).

El 72% de las muestras presentan **coliformes fecales** en cantidades superiores a 20 UFC/mL, límite establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.2 y Figura 5.9).

### **6.1.2 Agua tratada.**

#### **6.1.2.1 Características físicas.**

Según los resultados de análisis de agua, realizados por el laboratorio de agua del cantón Santa Lucía, la concentración de las características físicas cumple con los límites establecidos por las normas vigentes en todas las muestras de aguas tratadas (Ver Tablas de 5.3 a 5.19).

#### **6.1.2.2 Características químicas.**

Según los resultados de análisis de agua, realizados por el laboratorio de agua del cantón Santa Lucía, la concentración de las características químicas cumple con los límites establecidos por las normas vigentes en todas las muestras de aguas tratadas (Ver Tablas de 5.3 a 5.19).

### **6.1.2.3 Características bacteriológicas.**

Según los resultados de laboratorio del cantón Santa Lucía todas las muestras de aguas tratadas indican ausencia de coliformes totales y fecales (Ver Tablas de 5.3 a 5.19).

## **6.2 Cantón Colimes**

Las fuentes de abastecimiento de la cabecera cantonal de Colimes presentan un problema en común que es la presencia de manganeso y nitritos, superan el límite máximo establecido por la norma vigente de OMS (2011) igual 0,1 mg/L y 3 mg/L respectivamente. Otros problemas de los que se presentan en el agua se detallan a continuación.

### **6.2.1 Agua cruda.**

#### **6.2.1.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas.**

##### **Pozo 1:**

El **color** varía de 7 a 165 unidades de Pt-Co. De cuatro muestras analizadas dos presentan color en cantidades que superan el límite mínimo establecido por la norma TULSMA para fuentes que requieren tratamiento convencional (Ver Tabla 5.21).

Los valores de **turbiedad** oscilan entre 0,33 y 15 UNT. De cuatros muestras analizadas una presenta turbiedad en cantidad que supera el límite establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.21).

Todas las muestras presentan **nitritos** en cantidades superiores a los límites mínimos establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.21).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 1 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.21).

**Pozo 2:**

De una muestra analizada se puede observar que el resultado de concentración de **nitritos** es igual a 1 mg/L se encuentra por encima del límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.22).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 2 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.22).

**Pozo 3:**

De una muestra analizada se puede observar que el resultado de concentración de **nitritos** es igual a 1 mg/L se encuentra por encima del límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.23).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 3 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 4.23).

**Pozo 4 y 5:**

El **color** varía de 8 a 112 unidades de (Pt-Co). De seis muestras analizadas cuatro de ellas presentan concentraciones de color superior al límite mínimo

establecido por la norma TULSMA para fuentes que requieren tratamiento convencional (Ver Tabla 5.24).

La **turbiedad** varía de 0,41 a 21 UNT. De seis muestras el 50% presenta concentraciones mayores a los límites mínimos establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.24).

Los valores de **nitritos** en las muestras de agua cruda oscilan entre 0,015 a 49 mg/L. El 83% de la muestras superan los límites mínimos establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.24).

De tres muestras analizadas, una presenta **amonio** en cantidades superior al límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.24).

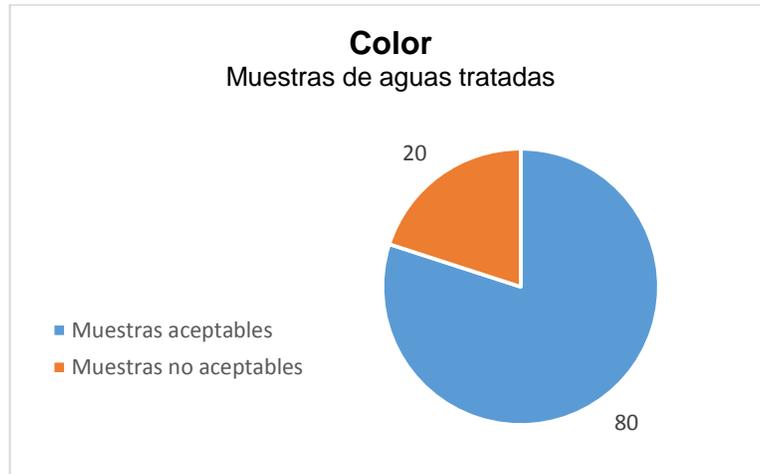
Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 4 y 5 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.24).

## **6.2.2 Agua tratada.**

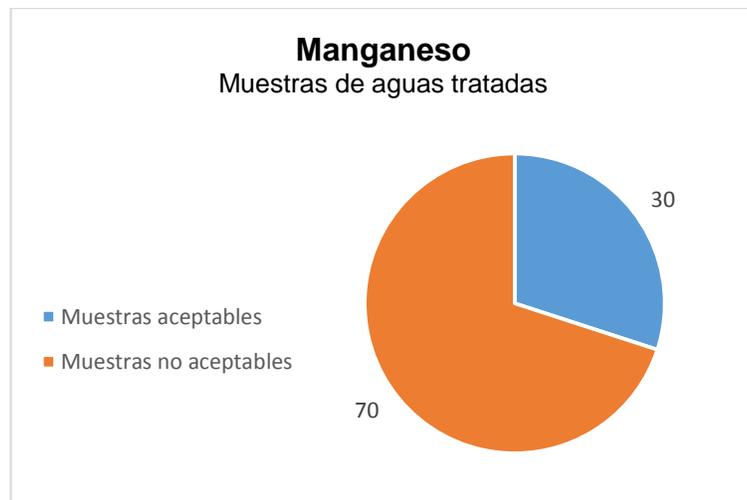
### **6.2.2.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas.**

#### **Pozo 1:**

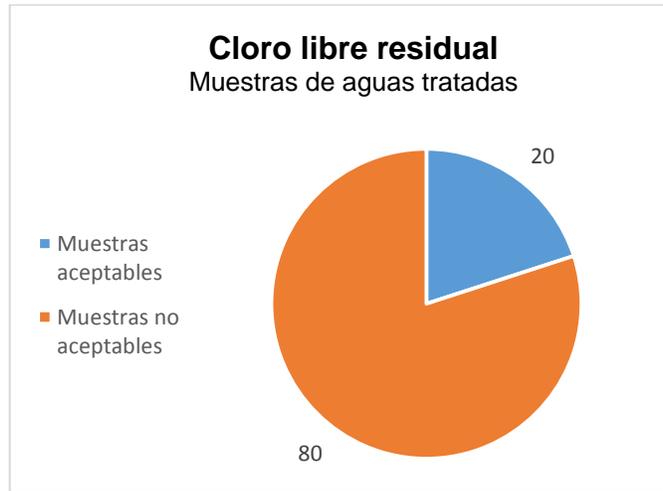
La concentración de **color** de diez muestras el 20 % no cumple con el límite máximo establecido por las normas vigentes (Ver Tabla 5.25 y Figura 5.10).



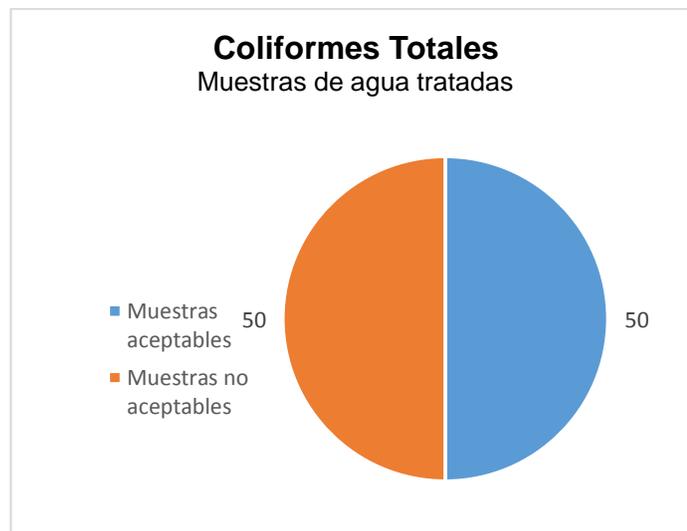
En diez muestras el 70 % presenta **manganeso** en cantidades superiores a los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.25 y Figura 5.11).



En diez muestras analizadas el 80 % presenta **cloro libre residual** en un nivel inferior al recomendado por las normas vigentes (Ver Tabla 5.25 y Figura 5.12).



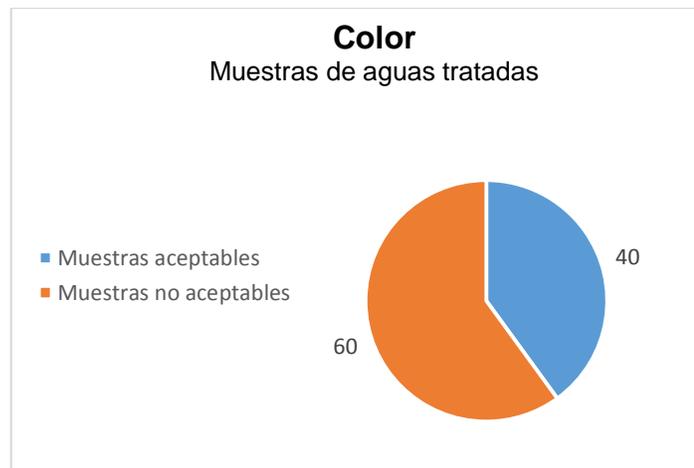
De dos muestras analizadas en una se encuentra la presencia de **coliformes totales** igual a 4 UFC/100 mL (Ver Tabla 5.25 y Figura 5.13).



Los demás parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.25).

**Pozo 2:**

Se puede observar que en 5 muestras analizadas la concentración de **color** del 60% de las muestras no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.14).



El 40% de las muestras analizadas la concentración de **turbidez** no cumplen con los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.15).



El 40% de las muestras analizadas presenta concentraciones de **hierro** superiores a los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.16).



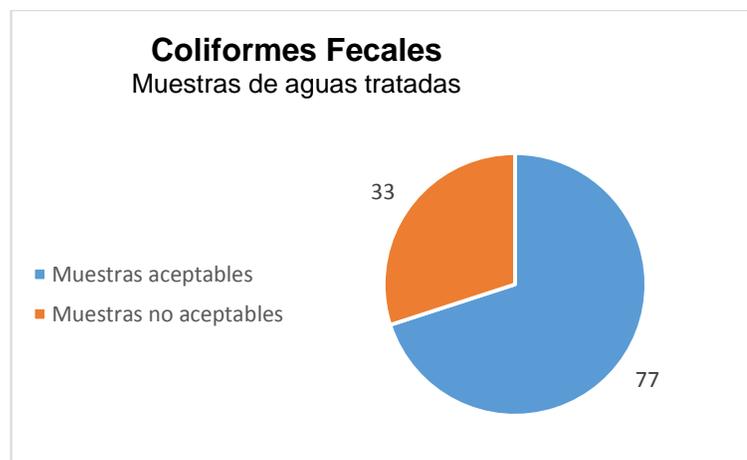
De cinco muestras analizadas el 60% presenta concentraciones de **manganeso** por encima de los límites máximos establecido por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.17).



La concentración de **cloro libre residual** en el 100% de las muestras analizadas de agua no cuentan con el nivel suficiente, en otras palabras la totalidad de las muestras de agua tratada analizadas tienen concentraciones de cloro libre residual por debajo del rango recomendado por las normas vigentes, de 0,3-1,5 mg/L (INEN1108:2014) y  $\geq 0,5$  mg/L (OMS 2011) (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.18).



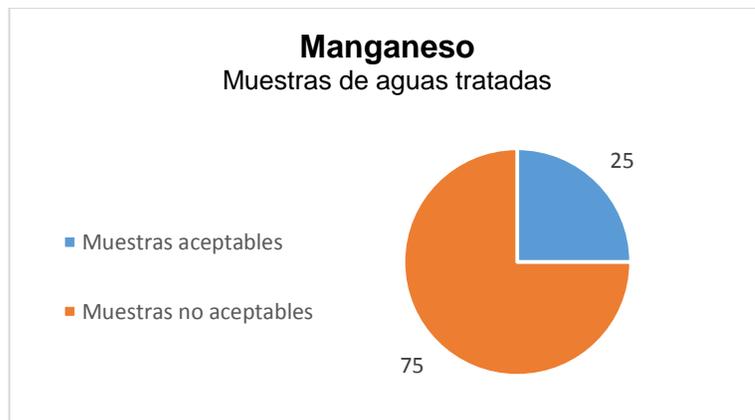
De tres muestras analizadas en una se encuentra la presencia de **coliformes fecales** igual a 4 UFC/100 mL. El 33% de las muestras no cumple con los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26 y Figura 5.19).



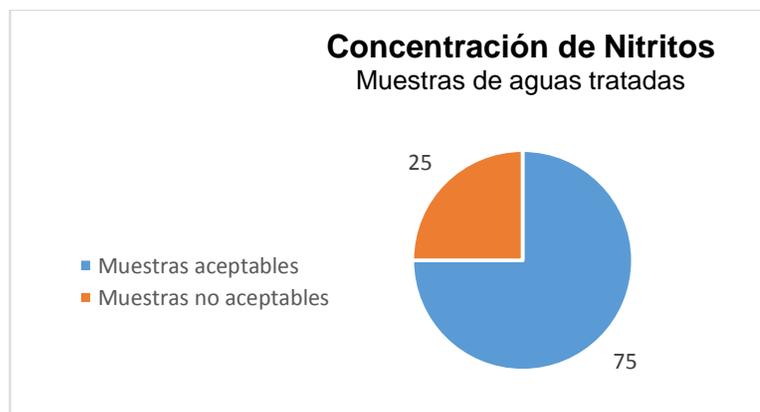
Los demás parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.26).

**Pozo 3;**

De cuatro muestras analizadas el 75 % presenta la concentración de **manganeso** en cantidades superiores a los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.27 y Figura 5.20).



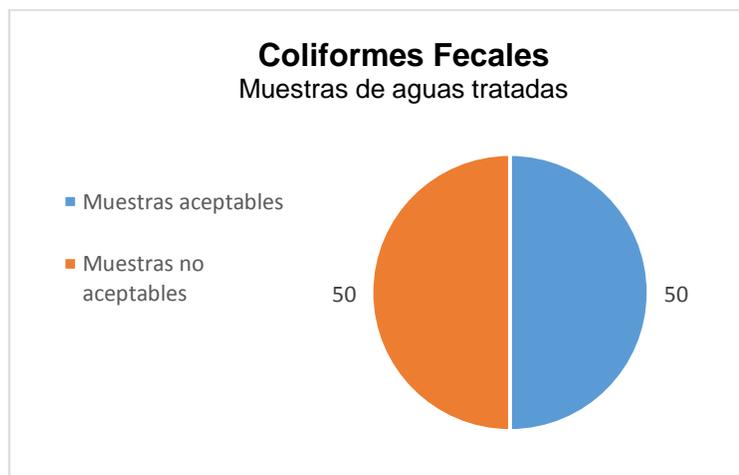
De cuatro muestras analizadas el 25% presenta concentración de **nitritos** en cantidades superiores a los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.27 y Figura 5.21).



El 100% las muestras analizadas de agua tratada no cumplen con la concentración de **cloro libre residual** recomendados por las normas vigentes (Ver Tabla 5.27 y Figura 5.22).

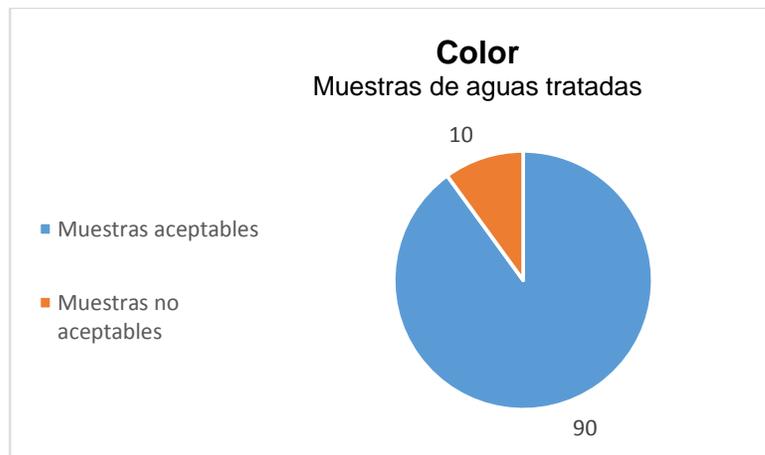


De dos muestras analizadas en una se encuentra la presencia de carga bacteriana con **coliformes fecales** igual a 4 UFC/100 mL. El 50% de las muestras no cumple con los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.27 y Figura 5.23).

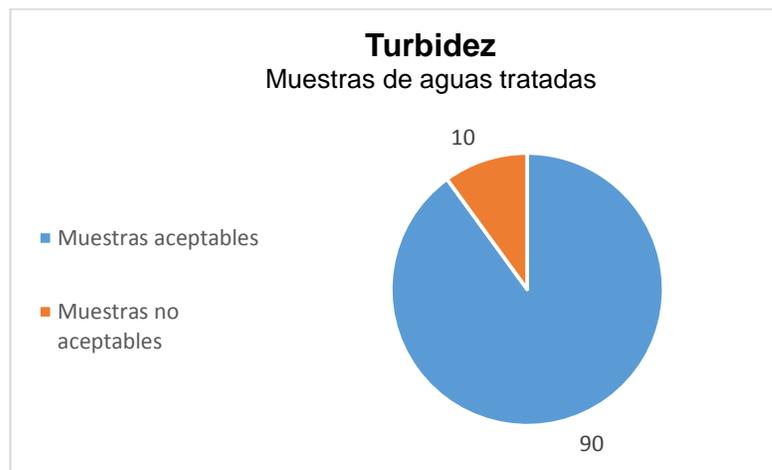


**Pozo 4 y 5:**

De diez muestras analizadas el 10 % presentan concentración de **color** superior al límite máximo establecido por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28 y Figura 5.24).



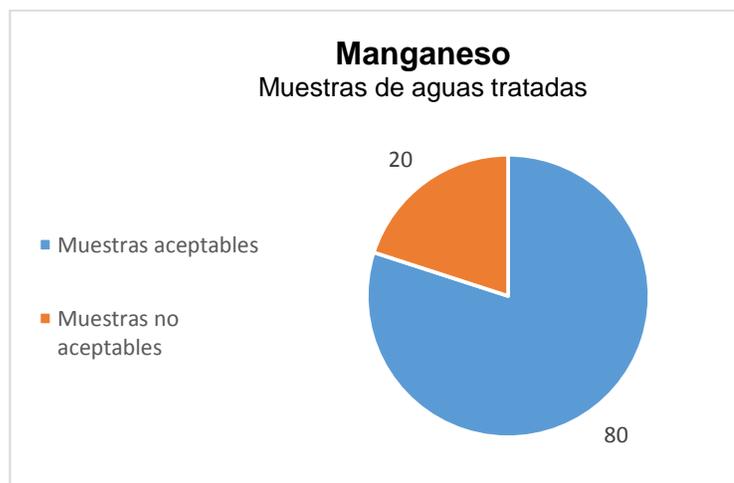
De diez muestras analizadas el 10% presentan concentración de **turbidez** por encima los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28 y Figura 5.25).



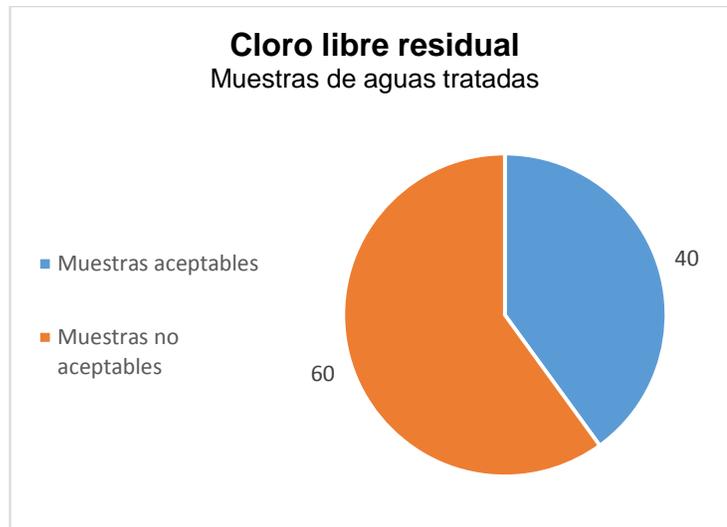
De nueve muestras analizadas el 11% presenta concentración de **hierro** que no cumple con los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28 y Figura 5.26).



De diez muestras analizadas el 20 % presentan concentración de **manganeso** en cantidades superiores a los límites máximos establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28 y Figura 5.27).



De diez muestras analizadas de agua tratada el 60% presenta concentración de **cloro libre residual** insuficiente, por debajo de los valores recomendados por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28 y Figura 5.28).



Los demás parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos por las normas vigentes (Ver Tabla 5.28).

En resumen en el cantón colimes se presentaron cuatro casos que se describen a continuación:

**Caso 1:** El agua que es extraída del pozo 1 presenta problemas de **color, turbiedad, nitritos y manganeso**. Esta agua después de ser tratada según los resultados de los análisis de laboratorio muestran que solo los parámetros de turbiedad y nitritos llegan a ser controlados o reducidos a concentraciones menores que los límites máximos permisibles (ver gráficas comparativas en el acápite 5.2.4). Mientras que el color (8 a 71 Pt-Co) y manganeso (0,008 a 0,507 mg/L) permanecen en concentraciones mayores a los límites máximos establecidos por las normas. La concentración de **cloro libre residual** es

insuficiente en la mayoría de las muestras no alcanza los límites recomendados de 0,3 a 1,5 mg/L.

**Caso 2:** El agua del pozo 2 presenta problemas de **color** (0 a 41 Pt-Co), **turbiedad** (1,32 a 10,6 UNT), **hierro** (0,1 a 1 mg/L) y **manganeso** (0,061 a 0,678 mg/L). Los parámetros anteriormente mencionados por lo general están presente en concentraciones mayores a los límites máximos permisible. La concentración de **cloro libre residual** es insuficiente en todas las muestras analizadas no alcanza los límites recomendados de 0,3 a 1,5 mg/L.

**Caso 3:** El agua del pozo 3 presenta problemas de **nitritos** (1 a 4 mg/L) y **manganeso** (0,003 a 0,408 mg/L). Los parámetros anteriormente mencionados por lo general están presente en concentraciones mayores a los límites máximos permisible. La concentración de **cloro libre residual** es insuficiente en todas la muestras analizadas no alcanza los límites recomendados de 0,3 a 1,5 mg/L.

**Caso 4:** El agua extraída del pozo 4 y 5 presenta problemas de **color, turbiedad, nitritos** y **manganeso**. Esta agua después de ser tratada según los resultados de los análisis de laboratorio muestran que en la mayoría de los casos llegan a ser controlados o reducidos a concentraciones menores que los límites máximos permisibles (ver gráficas comparativas en el acápite 5.2.4). La concentración de **cloro libre residual** es insuficiente en la mitad de las muestras analizadas no alcanza los límites recomendados de 0,3 a 1,5 mg/L.

## **6.3 Cantón Pedro Carbo**

### **6.3.1 Agua cruda.**

#### **6.3.1.1 Características físicas, químicas y bacteriológicas.**

### **Pozo 1:**

El **color** varía de 16 a 30 unidades de (Pt-Co), el 100 % de las muestras supera el límite mínimo de TULSMA (Ver Tabla 5.30).

El **pH** en todas las muestras analizadas varía de 9 a 9,6 unidades de Ph. La mayoría de las muestras supera el rango establecido por la norma TULSMA. Un pH mayor a 7.0 indica alcalinidad en el agua por lo tanto podemos decir que el agua proveniente del pozo 1 son aguas alcalinas (Ver Tabla 5.30).

De siete muestras analizadas el 71% presenta **chromo** en cantidades superiores al límite mínimo establecido por las normas TULSMA (Ver Tabla 5.30).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 1 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.30).

### **Pozo 2:**

En siete muestras analizadas el **color** varía de 11 a 49 unidades de (Pt-Co), el 86% de las muestras supera el límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.31).

El **pH** en siete muestras varía de 8,7 a 9,4 pH, el 43% supera el rango recomendado por la norma TULSMA de 6 a 9 unidades pH (Ver Tabla 5.31).

De siete muestras analizadas el 71% presenta **chromo** encontrándose por encima del límite mínimo establecido por la norma TULSMA de 0,05mg/L. En todas las muestras el chromo oscila entre 0,02 y 0,269 mg/L (Ver Tabla 5.31).

La presencia de **nitritos** en las muestras de agua es baja varía de 0,007 a 0,263 mg/L. De siete muestras sólo en una presenta cantidades ligeramente mayor al límite mínimo establecido por la norma TULSMA de 0,2 mg/L (Ver Tabla 5.31).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 2 se encuentran en concentraciones aceptables por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.31).

### **Pozo 3:**

El **color** de siete muestras analizadas de agua cruda varía de 11 a 35 unidades de (Pt-Co). El 57% de las muestras presentan la concentración de color superior al límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.32).

El **pH** en las muestras analizadas de agua cruda varía de 8,6 a 9,3 unidades pH. De siete muestras dos de ellas presentan un pH superior al recomendado por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.32).

El **chromo** en siete muestras analizadas de agua cruda varía de 0,03 a 0,282 mg/L. El 71% de las muestras presenta chromo en cantidades que superan el límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.32).

La presencia de **nitritos** en las muestras varía de 0,005 a 0,307 mg/L. De siete muestras analizadas sólo una presenta nitritos en cantidades ligeramente mayor al límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.32).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 3 se encuentran en concentraciones aceptables por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.32).

### **Pozo 4:**

De una muestra de agua cruda analizada del pozo 4 se puede observar que la concentración de **color** y **nitritos** se encuentra por encima de los límites mínimos establecidos por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.33).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 4 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.33).

**Pozo 5:**

De una muestra analizada de agua cruda del pozo 5 se puede observar que todos los parámetros analizados se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.34).

**Pozo 6:**

La concentración de **color** se encuentra por encima del límite mínimo establecido por la norma TULSMA (Ver Tabla 5.35).

Los demás parámetros analizados de las muestras de aguas crudas del pozo 6 se encuentran en una concentración aceptable por debajo de los límites mínimos que establece la norma TULSMA (Ver Tabla 5.36).

## **Capítulo 7**

### **Conclusiones**

#### **7.1 Cantón Santa Lucía**

##### **7.1.1 Conclusiones.**

- Comparando los resultados de las muestras de agua cruda con el criterio de calidad de la norma TULSMA se puede reafirmar que la fuente de abastecimiento del Cantón Santa Lucía requiere tratamiento convencional.
- Según los reportes de análisis de agua potable, realizados durante el año 2013 y 2014 por el laboratorio de agua del cantón Santa Lucía, en varias

localidades de la cabecera cantonal, muestran que los parámetros analizados se encuentran dentro del límite permisible según las normas INEN (2014) y OMS (2011). Lo que indica que el agua cruda es tratada satisfactoriamente dando como resultado agua potable apta para el consumo humano.

## **7.2 Cantón Colimes**

### **7.2.1 Conclusiones.**

- En conclusión el agua extraída del pozo 1, 2 y 3 son casos similares que presentan problemas en común y que no reciben el tratamiento adecuado para mitigar las concentraciones de varios parámetros que superan los límites máximos permisibles como son: nitritos, hierro, manganeso, color y turbiedad.
- El agua extraída del pozo 4 y 5 pasa por un tratamiento adecuado de potabilización.
- La dosis de desinfectante que suministran actualmente al agua tratada de la cabecera cantonal de colimes es insuficiente, según los resultados de laboratorio demuestran que cerca del 80% de las muestras analizadas tienen un nivel de cloro libre residual inferior al límite recomendado de 0,3 a 1,5 mg/L.
- Cuando realizan los análisis a muestras de agua muy pocas veces toman en cuenta la caracterización microbiológica del agua.

- En el número de análisis microbiológicos realizados a muestras de agua tratadas se pudo evidenciar la presencia de carga bacteriana.
- Desde el año 2014 se realizan análisis físicos, químicos y microbiológicos sólo en muestras de agua tratadas.

### **7.3 Cantón Pedro Carbo**

#### **7.3.1 Conclusiones.**

- En conclusión el agua de pozo de la cual se abastece la cabecera cantonal de Pedro Carbo presenta por lo general problemas de cromo, manganeso y presencia de carga bacteriana. En la actualidad estas aguas no reciben el tratamiento adecuado para su potabilización, solo recibe desinfección.
- Muy pocas veces realizan reportes de análisis de agua. Cuentan con un número insuficiente de muestras de agua analizadas física, química y microbiológicamente.

## **Capítulo 8**

### **Recomendaciones**

En el capítulo 5 se presentaron Tablas y Figuras con los resultados de análisis de laboratorio del agua de los tres cantones estudiados. Con el uso de estos, resultados el presente capítulo tiene como finalidad recomendar posibles soluciones para alcanzar los valores de referencia y mejorar la calidad del agua, basándose en algunas investigaciones científicas publicadas.

Según la OMS (2006) la capacidad de alcanzar un valor de referencia en un sistema de abastecimiento de agua potable, depende de varios factores incluidos los siguientes:

- La concentración de la sustancia química en el agua cruda.

- Las medidas de control aplicadas en todo el sistema de abastecimiento de agua potable.
- Si la fuente de captación es de aguas subterráneas o superficiales, y
- Los procesos de tratamiento que se encuentren ya instalados.

## **8.1 Cantón Santa Lucía**

En el cantón Santa Lucía, según los resultados de laboratorio de análisis de agua, no se presentaron problemas en el agua tratada. Sin embargo se procede a dar las siguientes recomendaciones.

### **8.1.1 Recomendaciones.**

- Se recomienda mantener un buen control de calidad del agua. Realizar análisis de laboratorio en muestras tomadas en fuente de captación, planta, reservorios y en inmuebles para establecer la calidad del agua y brindar soluciones oportunas en caso de que se presenten posibles falencias. Ver **Anexo 1** la frecuencias de muestreos.
- Mantener el control constante durante las 24 horas del día de las dos plantas de tratamiento, con el personal capacitado para operar y así garantizar una calidad óptima del agua potable.

## 8.2 Cantón Colimes

### 8.2.1 Recomendaciones.

- Se recomienda mejorar el control de calidad del agua. Realizar análisis de laboratorio en muestras tomadas en fuente de captación, planta, reservorio y en inmuebles, para establecer la calidad del agua y brindar soluciones oportunas en caso de que se presenten posibles falencias. Ver **Anexo 1** la frecuencias de muestreos.
- Se recomienda darle importancia primordial a la caracterización microbiológica del agua tanto en muestras de aguas crudas como tratadas ya que existen posibles consecuencias para la salud pública frente a la presencia de carga bacteriana.
- Se aconseja contar con el personal capacitado para operar los procesos de tratamientos de las plantas potabilizadoras y así garantizar una calidad óptima del agua potable.
- Aumentar la dosis de desinfectante para alcanzar los niveles de cloro libre residual necesario y garantizar que el agua no se contamine en el transcurso de la tubería hasta llegar a los domicilios.
- Proteger la entrada del pozo 4. Al no tener protección la entrada del pozo, es un riesgo para que entre tierra, desechos no deseados y contaminen el agua.



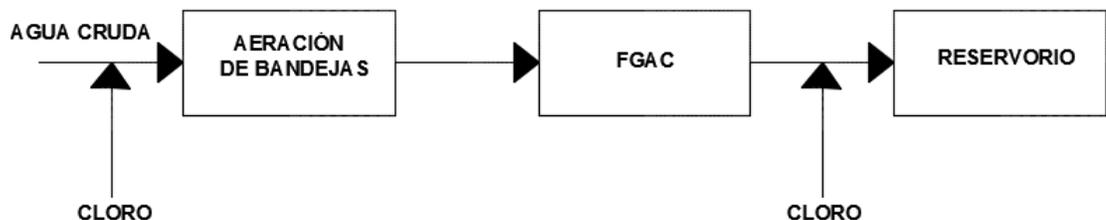
**Figura 8. 1 Pozo 4, La Curia**

- Se recomienda incrementar procesos de potabilización que mejoren la calidad del agua extraída del pozo 1, 2 y 3. Los posibles procesos de tratamientos que se podrían realizar a estas aguas se sugieren a continuación:

**Caso del pozo 1, 2 y 3:**

El problema en común que presentan las fuentes de abastecimiento de la cabecera cantonal de Colimes principalmente son nitritos y manganeso. Los nitritos se pueden mitigar por proceso de cloración y el manganeso se puede remover por filtración previo a su oxidación por aeración.

Los casos del agua extraída del pozo 1, 2 y 3 presentan similares problemas y basándose en los resultados de laboratorio y en investigaciones científicas publicadas se recomienda para estos tres casos como tratamiento los procesos que se indican en la Figura 8.2.



**Figura 8. 2 Esquema de planta de tratamiento**

**Nota:** FGAC (Filtro Grueso Ascendente por Capa). **Fuente:** Udaeta, Quispe & Villaba, (s.f.). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

La tecnología que se muestra en la Figura 8.2 es recomendable para concentraciones de hierro y manganeso de 0,3 a 0,7 mg/L (Udaeta, Quispe & Villaba, s.f.), por lo que sí es aplicable para el agua extraída del pozo 1, 2 y 3.

Se recomienda construir unos ensayos piloto para realizar un estudio de tratabilidad (Udaeta et al, s.f.).

### **8.2.1.1 Dimensionamiento de aerador de bandejas**

La carga hidráulica (c.h.) del aerador es de 6 L/s\*m<sup>2</sup>, valor recomendado para remover hierro y manganeso con una efectividad del 80 % al 90 % (Narváez, 2010).

#### **POZO 1:**

#### **Área total de aeración:**

$$At = \frac{Qd}{Carga\ hidráulica}$$

Donde:

At= Área total de aeración

c.h.= 6l/s\*m<sup>2</sup> (carga hidráulica)

Qd= 11,66 L/s (Caudal de diseño)

$$At = \frac{11,66\ L/s}{\frac{6L}{s} * m^2} = 1,94\ m^2$$

**Número de bandejas:**

El número de bandejas debe ser de 4 a 6 según norma INEN 2655:2012.

- Se asume 4 bandejas

**Área de cada bandeja (Ab):**

$$Ab = \frac{At}{\# \text{ de bandejas}}$$

$$Ab = \frac{1,94 \text{ m}^2}{4} = 0,49 \text{ m}^2$$

Asumiendo bandejas cuadradas se obtiene  $\sqrt{Ab} = \sqrt{0,49 \text{ m}^2} = 0,70 \text{ m}$  cada lado.

**Altura total:**

Según la norma INEN 2655:2012 recomienda:

- La separación entre bandejas (Sb) de 0,30 a 0,75 m
- La altura total de 1,2 a 3 m

Se asume una separación entre bandejas de **0,40 m**; altura total, **h=2m** está entre (1,2 – 3 m) ok!

**POZO 2:**

**Área total de aeración (At):**

$$At = \frac{Qd}{\text{Carga hidráulica}}$$

$$At = \frac{7,80 \text{ L/s}}{\frac{6\text{L}}{\text{s}} * m^2} = 1,30 \text{ m}^2$$

**Número de bandejas:**

El número de bandejas debe ser de 4 a 6 según noma INEN 2655:2012.

- Se asume 4 bandejas

**Área de cada bandeja (Ab):**

$$Ab = \frac{At}{\# \text{ de bandejas}}$$

$$Ab = \frac{1,30 \text{ m}^2}{4} = 0,33 \text{ m}^2$$

Asumiendo bandejas cuadradas se obtiene  $\sqrt{Ab} = \sqrt{0,33 \text{ m}^2} = 0,57 \text{ m}$  cada lado.

Por efectos de construcción cada lado tendrá **0,60 m**.

**Altura total:**

Según la norma INEN 2655:2012 recomienda:

- La separación entre bandejas (Sb) de 0,30 a 0,75 m
- La altura total de 1,2 a 3 m

Se asume una separación entre bandejas de **0,40 m**; altura total, h=**2m** está entre (1,2 – 3 m) ok!

**POZO 3:**

**Área total de aeración (At):**

$$At = \frac{Qd}{\text{Carga hidráulica}}$$

$$At = \frac{5,70 \text{ L/s}}{\frac{6L}{s} * m^2} = 0,95 \text{ m}^2$$

**Número de bandejas:**

El número de bandejas debe ser de 4 a 6 según noma INEN 2655:2012.

- Se asume 4 bandejas

**Área de cada bandeja (Ab):**

$$Ab = \frac{At}{\# \text{ de bandejas}}$$

$$Ab = \frac{0,95 \text{ m}^2}{4} = 0,24 \text{ m}^2$$

Asumiendo bandejas cuadradas se obtiene  $\sqrt{Ab} = \sqrt{0,24 \text{ m}^2} = 0,49 \text{ m}$  cada lado.

Por efectos de construcción cada lado tendrá **0,50 m**.

**Altura total:**

Según la norma INEN 2655:2012 recomienda:

- La separación entre bandejas (Sb) de 0,30 a 0,75 m
- La altura total de 1,2 a 3 m

Se asume una separación de **0,40 m** entre bandejas; altura total, h=**2m** está entre (1,2 – 3 m) ok!

**Tabla 8. 1: Resultados de Aerador de bandejas-cantón Colimes**

CÁLCULOS	SIMBOLO	AERADOR DE BANDEJAS			UNIDADES
		POZO 1	POZO 2	POZO 3	
Cargahidráulica	c.h.	6	6	6	L/s*m2
Area total de aeración	At	1,94	1,44	1	m2
Area de cada bandeja	Ab	0,49	0,36	0,25	m2
Altura total de aeración	h	2	2	2	m
Longitud de cada lado	L	0,70	0,60	0,50	m
# de bandejas	#	4	4	4	unidades
Separación entre bandejas	Sb	0,40	0,40	0,40	m

Elaborada por: Yomaira Caicedo

### **8.2.1.2 Dimensionamiento de filtro grueso ascendente por capas (FGAC).**

Uno de los posibles filtros que se pueden emplear es el siguiente:

Según Udaeta, Quispe & Villaba, (s.f.), para la remoción del hierro y manganeso recomiendan valores de filtración de 1,5 – 2 m/h.

#### **POZO 1**

##### **Superficie filtrante:**

Datos:

$$Q = 11,66 \text{ L/s} = 41,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

$V_f = 2 \text{ m/h}$  (Velocidad de filtración)

$$\text{Área de superficie} = \frac{Q}{V_f}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{41,98 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m/h}} = 21 \text{ m}^2$$

## **POZO 2**

### **Superficie filtrante:**

Datos:

$$Q = 7,8 \text{ L/s} = 28,98 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_f = 2 \text{ m/h (Velocidad de filtración)}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{Q}{V_f}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{28,98 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m/h}} = 14 \text{ m}^2$$

## **POZO 3**

### **Superficie filtrante:**

Datos:

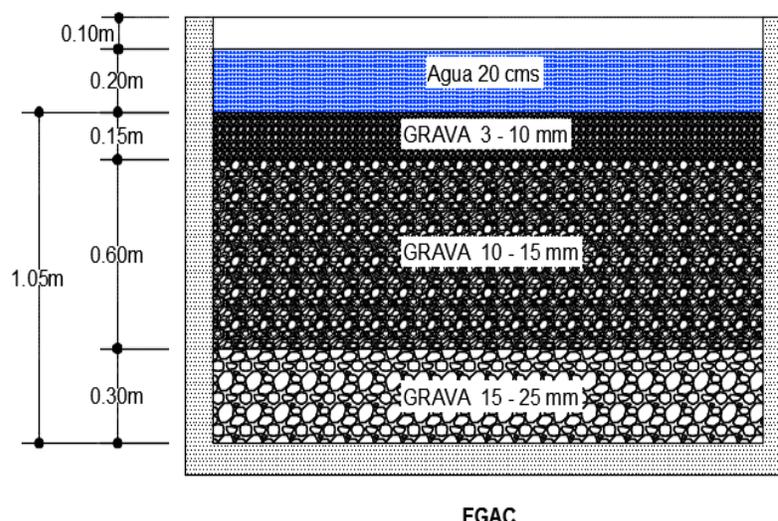
$$Q = 5,70 \text{ L/s} = 20,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_f = 2 \text{ m/h (Velocidad de filtración)}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{Q}{V_f}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{20,52 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m/h}} = 10 \text{ m}^2$$

La altura del medio filtrante no supera los 1,05 m (ver figura 8.5). A esta altura se debe añadir un espacio 0,20 m de agua sobrenadante y un borde libre de 0,10 m (Udaeta et al, s.f.).



**Figura 8. 3 Filtro grueso ascendente por capa**

**Fuente:** Udaeta, Quispe & Villaba, (s.f.). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

**Tabla 8. 2: Resultados de área de superficie de FGAC-cantón Colimes**

CÁLCULO	FILTROS (FGAC)		
	POZO 1	POZO 2	POZO 3
Área de superficie	7x3m	7x2m	5x2m

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

### **8.2.1.3 Sistema de cloración.**

Se recomienda aumentar la dosis de desinfectante debido a que los resultados de cloro libre residual en el agua que llega a los usuarios, generalmente no tiene concentraciones óptimas. Los valores recomendados de cloro residual por la normas INEN (2014) y OMS (2011) es de 0,3 a 1, 5 mg/L y  $\geq 0,5$  mg/L respectivamente.

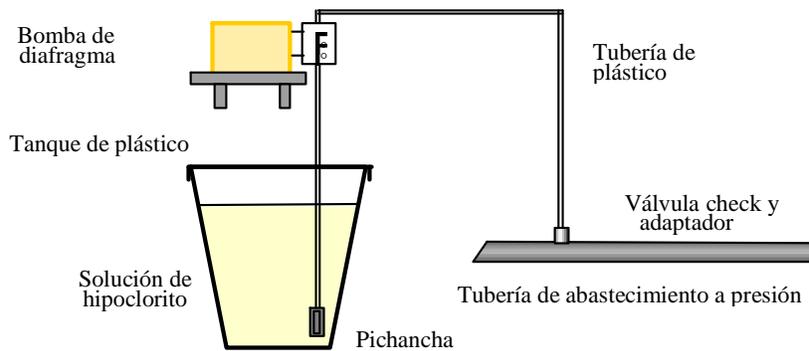
La cloración puede realizarse mediante:

- Gas cloro licuado

- Solución de hipoclorito de sodio
- Granos de hipoclorito de calcio

Bomba dosificadora de hipoclorito

La adicción de hipoclorito se la puede realizar mediante una bomba dosificadora, la cual debe ser calibrada para que descargue la cantidad requerida del producto y de la misma manera deberá monitorearse la correcta operación de la bomba.



**Figura 8. 4 Hipoclorador**

**Fuente:** González et al (s.f.).Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano.

*8.2.1.3.1 Dosis de hipoclorito para suministrar la concentración deseada de cloro libre residual en el agua de consumo.*

Existe una fórmula que será explicada a continuación con la que se puede calcular la cantidad de hipoclorito de sodio o calcio, que se debe adicionar al agua para obtener el cloro libre residual deseado en un caudal determinado.

$$\text{Cantidad de desinfectante que se necesita} = \frac{(\text{ppm de cloro libre deseado}) \times (Q)}{(\% \text{ del desinfectante}) \times (\text{Factor de dilución})} \quad (\text{Ecu. 8.1})$$

Donde:

- **ppm de cloro libre** = La dosis del cloro libre deseado.
- **Q** = Caudal del agua se va a desinfectar.
- **% del desinfectante** = Concentración de cloro contenida en el producto. Es necesario revisar la etiqueta del producto el % de cloro que contiene o en su defecto consultarlo con su proveedor.
- **Factor de dilución** = Este valor representa el número que necesitamos dividir para obtener las partes por millón, por lo tanto se mantiene siempre igual a 10.000.

Reemplazando la fórmula anterior se obtiene que la cantidad necesaria de hipoclorito de sodio al 10% para tener cloro libre residual de 1 mg/L es la siguiente.

**Tabla 8. 3: Cantidad de hipoclorito necesaria-cantón Colimes**

	CAUDAL	Cantidad de hipoclorito
	L/s	(L/Día)
<b>Pozo 1</b>	11,66	10,07
<b>Pozo 2</b>	7,8	6,74
<b>Pozo 3</b>	5,7	4,92
<b>Pozo 4 y 5</b>	5,1	4,40

### 8.3 Cantón Pedro Carbo

#### 8.3.1 Recomendaciones.

- Se recomienda mejorar el control de calidad del agua. Realizar análisis de laboratorio en muestras tomadas en fuente de captación, planta y en inmuebles, para establecer la calidad del agua y brindar soluciones oportunas en caso de que se presenten posibles fallencias. Ver **Anexo 1** frecuencias de muestreos.
- Implementar un tratamiento para remover el cromo se presentan varias alternativas en la Tabla 8.4.

**Tabla 8. 4: Alternativas para la remoción de cromo**

<b>Tecnología</b>	<b>Manejo</b>	<b>Costo</b>	<b>Limitaciones</b>
Ósmosis inversa	Manejo sencillo	Costo muy elevado de inversión y de operación	Desperdicio de agua, descomposición de la membrana.
Intercambio iónico	Manejo sencillo	Costos medios de inversión y operación	Desperdicio de agua en regeneración
Salvado de soya	Manejo sencillo	Costos Bajos de inversión y operación	No extraen químicos orgánicos
KDF	Manejo sencillo	Costos medios de inversión y operación	No extraen químicos orgánicos

Fuente: Sigler A. y Bauder J. (s.f.). Educación en el agua de pozo. Universidad Estatal de Montana

- Una alternativa para remover la presencia de manganeso en el agua es implementar un proceso de aeración seguido de filtración a continuación se realiza el dimensionamientos de estas tecnologías:

### **8.3.1.1 Dimensionamiento de aerador de bandejas**

Primero se calcula el caudal de diseño:

- Periodo de diseño 15 años
- Tasa de crecimiento  $t=2,24\%$

<b>NÚMERO</b>	<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN</b>
		<b>GEOMÉTRICA</b>
0	2010	20220
1	2011	20672,93
2	2012	21136,00
3	2013	21609,45

4	2014	22093,50
5	2015	22588,39
6	2016	23094,37
7	2017	23611,69
8	2018	24140,59
9	2019	24681,34
10	2020	25234,20
11	2021	25799,45
12	2022	26377,35
13	2023	26968,21
14	2024	27572,30
15	2025	28189,91
16	2026	28821,37
17	2027	29466,97
18	2028	30127,03
19	2029	30801,87
20	2030	<b>31491,84</b>

La población urbana en el cantón Pedro Carbo en 15 años tendrá cerca de **31491,84 habitantes.**

**Caudal medio diario**

$$Qmd = \frac{Pf * DMf}{86400} \quad (Ec. 8.2)$$

**Donde:**

Qmd= Caudal medio diario

Pf= población futura o población de diseño

DMf= Dotación media, L/hab/día

Datos:

Pf= 31491,84 habitantes

DMf = 17 L/hab/día

**Reemplazando en Ec. 8.2 se obtiene:**

Qmd= 61,96 L/s

$$QMD = Qmd * Vd \quad (Ec. 8.3)$$

**Donde:**

QMD= Caudal máximo diario

Vd= Variación diaria (1,2)

**Reemplazando Ec. 8.3 se obtiene:**

QMD= 61,96 L/s x 1,2 = 74,36 L/s

$$Qd = 1,10 * QMD \quad (Ec. 8.4)$$

**Donde:**

Qd= Caudal de siseño

**Reemplazando Ec. 8.4 se obtiene:**

Qd= 1,10 x 74,36 L/s = 81,79 L/s

Qd = 81,79 L/s es el caudal de diseño que se utilizará para dimensionar el aerador.

### **Carga hidráulica (c.h.)**

La carga hidráulica del aerador es de 6 L/s\*m<sup>2</sup>, valor recomendado para remover hierro con una efectividad del 80 % al 90 % (Narváez, 2010).

### **Área total de aeración**

$$At = \frac{Qd}{Carga\ hidr\acute{a}ulica}$$

Donde:

At= Área total de aeración

c.h.= 6l/s\*m<sup>2</sup> (carga hidráulica)

Qd= 81,79 L/s (Caudal de diseño)

$$At = \frac{81,79\ L/s}{\frac{6L}{s} * m^2} = 13,63\ m^2$$

### **# de bandejas**

El número de bandejas debe ser de 4 a 6 según noma INEN 2655:2012

- Se asume 6 bandejas

### **Área de cada bandeja (Ab)**

$$Ab = \frac{At}{\#\ de\ bandejas}$$

$$Ab = \frac{13,63\ m^2}{6} = 2,27\ m^2$$

Asumiendo bandejas cuadradas  $\sqrt{Ab} = \sqrt{2,27} = 1,51\ m$  cada lado

Por efectos de construcción cada lado de **1,50 m.**

### **Altura total**

Según la norma INEN 2655:2012 recomienda:

- La separación entre bandejas (Sb) de 0,30 a 0,75 m
- La altura total de 1,2 a 3 m

Se asume una separación de **0,40 m** entre bandejas; altura total, **h=2,80 m** está entre (1,2 – 3 m) ok!

**Tabla 8. 5: Resultados de aerador de bandejas-cantón Pedro Carbo**

CÁLCULOS	SIMBOLO	VALOR	UNIDADES
Cargahidráulica	c.h.	6	L/s*m2
Area total de aeración	At	13,50	m2
Area de cada bandeja	Ab	2,25	m2
Altura total de aeración	h	2,80	m
# de bandejas	#	6	unidades
Separación entre bandejas	Sb	0,4	m

### 8.3.1.2 Dimensionamiento de filtro grueso ascendente por capas (FGAC).

Uno de los posibles filtros que se pueden emplear es el siguiente:

Según Udaeta, Quispe & Villaba, (s.f.), para la remoción del hierro y manganeso recomiendan valores de filtración de 1,5 – 2 m/h.

#### **Superficie filtrante:**

Datos:

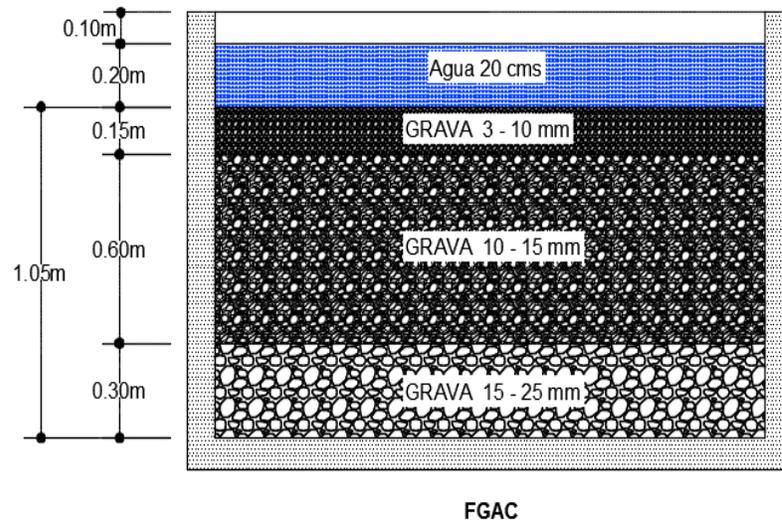
$$Q = 81,79 \text{ L/s} = 294,45 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_f = 2 \text{ m/h (Velocidad de filtración)}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{Q}{V_f}$$

$$\text{Área de superficie} = \frac{294,45 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ m/h}} = 147 \text{ m}^2$$

La altura del medio filtrante no supera los 1,05 m, ver figura 8.5 a esta altura se debe adicionar 0,20 m de agua sobrenadante y un borde libre de 0,10 m (Udaeta et al, s.f.).



**Figura 8. 5 Filtro grueso ascendente por capa**

**Fuente:** Udaeta, Quispe & Villaba, (s.f.). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas.

**Elaborado por:** Yomaira Caiced

**Tabla 8. 6 Resultado de área de superficie de FGAC-cantón Pedro Carbo**

CÁLCULO	FILTROS (FGAC)
Área de superficie	10x15m

**Elaborado por:** Yomaira Caicedo

### **8.3.1.3 Sistema de cloración.**

Reemplazando la Ecu. 8.1 se obtiene que la cantidad necesaria de hipoclorito de sodio al 10% para tener un cloro libre residual de 1 mg/L es la siguiente.

**Tabla 8. 7: Cantidad de hipoclorito necesario-cantón Pedro Carbo**

Pedro Carbo	Caudal de impulsión	Concentración	Cantidad de hipoclorito
	L/s	(%)	(L/Día)
ReservasFumisa	17	10	14,69

## Referencias

Alcívar C. (2010). Estudio y diseño del sistema de agua potable de la ciudad de Pedro Carbo. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Pedro Carbo

Alcívar Escobar, D. (2013). *Estudio de impacto ambiental expost de la construcción y operación del sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad Santa Lucía cantón Santa Lucía*. Recuperado de <http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medio-ambiente/eia/2013/2013-noviembre/EIA%20Santa%20Lucia.pdf>

Barrera, F. L., Oros, H. D., Pardo, C. A. y Pedraza, D. S. (2013). Análisis de turbidez y color. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado de <http://es.slideshare.net/andrewninfetamine/informe-de-laboratorio-turbiedad-y-color>

Campos Pinilla C. (s.f.). Indicadores de contaminación fecal en aguas. En Hidro Red (cap. 20). Recuperado de [http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo\\_20.pdf](http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf)

Coagulación y floculación. (s.f.). Recuperado del sitio web del departamento de Publicaciones de la University of Castilla La Mancha, de [http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis\\_procesos/tema5.pdf](http://www3.uclm.es/profesorado/giq/contenido/dis_procesos/tema5.pdf)

Gobierno Provincial del Guayas. (2013). *Ficha ambiental ductos*. Recuperado de <http://www.guayas.gob.ec/dmdocuments/medio-ambiente/eia/2013/2013-febrero/FICHA%20AMBIENTAL%20DUCTOS.pdf>

Gobierno Provincial del Guayas. (s.f.a). *Santa Lucía datos generales*. Recuperado de <http://www.guayas.gob.ec/cantones/santa-lucia>

Gobierno Provincial del Guayas. (s.f.b). *Colimes datos generales*. Recuperado de <http://www.guayas.gob.ec/cantones/colimes>

Gobierno Provincial del Guayas. (s.f.c). *Pedro Carbo datos generales*. Recuperado de <http://www.guayas.gob.ec/cantones/pedro-carbo>

González, Martín y Figueroa (s.f.). Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/mexicona/r-0060.pdf>

*El efecto de las bacterias coliformes fecales en el medio ambiente.* (s.f.). Recuperado de [http://www.ehowenespanol.com/efecto-bacterias-coliformes-fecales-medio-ambiente-info\\_291092/](http://www.ehowenespanol.com/efecto-bacterias-coliformes-fecales-medio-ambiente-info_291092/)

*El sulfato.* (s.f.). Recuperado de <http://www.lenntech.es/sulfatos.htm>

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Colimes (EMAPA-COLI). (2014). *Sistema de agua potable.*

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillada de Pedro Carbo (EMAPAPC-EP). (2014). *Sistema de agua potable.*

Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillad de Santa Lucía. (2014). *Sistema de agua potable.*

Instituto Ecuatoriano de Normalización 1108. (2014). Agua potable. Requisitos. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/>

Instituto Ecuatoriano de Normalización 2655. (2012). Implementación de plantas potabilizadora prefabricadas en sistemas públicos de agua potable. Recuperado de <http://www.normalizacion.gob.ec/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Población y Demografía. (2010). Recuperado de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>

*La dureza del agua.* (s.f.). Recuperado de <http://www.facsa.com/el-agua/calidad/La%20dureza%20del%20agua>

Larios, L. (2009). Metahemoglobinemia en niños: situación Actual. *Revista Archivo Médico de Camagüey*. Versión ISSN 1025-0255. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-02552009000300023&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1025-02552009000300023&script=sci_arttext)

Leal, M. T. (s.f.). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Recuperado de [https://www.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/04\\_Capitulo\\_04.pdf](https://www.psa.es/webesp/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf)

Narváez Hernández M. (2010). Diseño de un sistema de potabilización a partir de aguas subterráneas, para la planta los Álamos de la ciudad de Francisco de Orellana. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/686/1/96T00140.pdf>

Organización Mundial de la Salud (2006). Guías para la calidad del agua potable. (3ra ed.) Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/)

Osicka R. M. y Giménez M. C. (s.f.). Determinación del contenido de sodio y potasio en aguas naturales subterráneas por fotometría de llama. *Universidad Nacional de Nordeste*. Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/8-Exactas/E-068.pdf>

*Parámetros físico-químicos del agua.* (s.f.). Recuperado de [http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id\\_lib\\_tecnica=6](http://www.unitek.com.ar/productos-lecho-mixto.php?id_lib_tecnica=6)

Planta de tratamiento de agua subterránea. (s.f). Tutorial. En *Prueba de jarras* (cap. 5). Recuperado de <http://ptasmosquera.orgfree.com/temas.htm>

Referencia personal 1. Economista Héctor Rosado. Jefe de Agua y Alcantarillado del cantón Colimes.

Rocha, E. L. (2010). Filtros Equipos y Sistemas Para Tratamiento de Aguas En *Parámetros y características de agua potable* (cap. 1). Recuperado de <http://filtrosyequipos.com/GUEST/sanitaria/parametros1.pdf>

Sancha A. M. y Lira L. (s.f.). Presencia de Cobre en Aguas de Consumo Humano: Causas, Efectos y Soluciones. *Universidad de Chile*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/sancha.pdf>

Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador (SIISE). (2010). *Salud-Salud de la niñez*. Recuperado de <http://www.siise.gob.ec/siiseweb/>

Sigler A. y Bauder J. (s.f.). Educación en el agua de pozo. Universidad Estatal de Montana. Recuperado de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Chromium%20Mercury%20Thallium%202012-3-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Chromium%20Mercury%20Thallium%202012-3-15-SP.pdf)

Texto Unificado de legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (2014). Anexo 1 del libro VI. Recuperado de <http://www.calidadambiental.com.ec/web/biblioteca-virtual/ministerio-del-ambiente/texto-unificado-de-legislacion-secundaria-del-ministerio-del-ambiente/75-libro-vi-anexo-1-.html>

Udaeta, Quispe y Villaba, (s.f.). Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas. Recuperado de <http://saludpublica.bvsp.org.bo/textocompleto/bvsp/boxp68/guia-tecnica-agua.pdf>

Valencia Espinoza C. (s.f.). Química del hierro y manganeso en el agua, métodos de remoción. (Tesis de grado, Universidad de Cuenca). Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>

World Health Organization. (2011). *Guidelines for drinking-water quality*( 4<sup>th</sup>ed). Recuperado de [http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf)

## Anexo 1

### Frecuencia de muestreos para control de la calidad del agua para consumo humano

**Tabla 1.** Frecuencia de muestras en sistemas urbanos Parámetro fisicoquímicos en la red de distribución (muestras por año)

Parámetros	Zona de abastecimiento (población abastecida)	Cantón	Frecuencia de muestreo		
			Reducido		Estándar
			Subterránea	Superficial	

PH	5.0001-10.000	Santa Lucía	-	9	18
Turbiedad	5.0001-10.000	Colimes	4	-	18
Dureza total	10.001-24.000	Pedro	6	-	24
Alcalinidad		Carbo			

Fuente: Adaptado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002. *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Anexo 1.

**Tabla 2.** Frecuencia de muestras en sistemas urbanos Parámetro fisicoquímicos A en las salidas de la planta de tratamiento, fuentes de agua y reservorios de servicio (muestras por año)

Parámetros	Volumen de agua abastecido por día o almacenado (m3)	Cantón	Frecuencia de muestreo		
			Reducido		Estándar
			Subterránea	Superficial	
PH					
Turbiedad					
Color	<2.000	Santa Lucía	-	4	4
Olor	<2.000	Colimes	4	-	4
Sabor	2.001-6.000	Pedro Carbo	4	-	6
Nitrato					
Nitrito					

Hierro					
Manganeso					
Aluminio					

Fuente: Adaptado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002. *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Anexo 1.

**Tabla 3.** Frecuencia de muestras en sistemas urbanos Parámetro fisicoquímicos B en las salidas de la planta de tratamiento, fuentes de agua y reservorios de servicio (muestras por año)

Parámetros	Cantón	Frecuencia de muestreo (estándar)	
		Reducido	
		Subterránea	Superficial

Residuo seco			
Cloruro			
Sulfato			
Calcio			
Magnesio			
Sodio			
Fluoruro			
Dureza total			
Alcalinidad			
Cobre	Santa Lucía	-	12
Cinc	Colimes	3	-
Plomo	Pedro Carbo	4	-
Arsénico			
Bario			
Cadmio			
Cianuro			
Cromo total			
Mercurio			
Selenio			
Fenoles			

Fuente: Adaptado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002. *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Anexo 1.

**Tabla 4.** Frecuencia de muestras en sistemas urbanos Parámetro bacteriológicos en la red de distribución (muestras por año)

Parámetros	Zona de abastecimiento (población abastecida)	Cantón	Frecuencia de muestreo (estándar)
------------	---	--------	-----------------------------------

Coliformes totales	}	5.0001-10.000	Santa Lucía	18
Coliformes termotolerantes		5.0001-10.000	Colimes	18
E. coli		10.001-24.000	Pedro Carbo	24

Fuente: Adaptado de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002. *Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Anexo 1.