



RESUMEN

El agua es un recurso muy valioso para una sociedad, ya que para que ésta pueda desarrollarse normalmente debe haber un buen suministro de este líquido vital.

La necesidad de proveer de un agua de calidad aceptable por las normas Ecuatorianas vigentes nos obliga a hacer análisis periódicos tanto de la calidad fisicoquímica como de la microbiológica en los puntos críticos de las redes de distribución y en la planta de potabilización.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad tanto microbiológica (*Coliformes Totales y Fecales*), como Físico-Química (Cloro libre residual, Color, Turbidez y pH) del agua potable proveniente de la Planta de Potabilización del Cantón Santa Isabel, provincia del Azuay.

Los análisis se realizaron entre los meses de Abril y Junio del 2012, durante este periodo se analizaron un total de 84 muestras, con sus respectivos duplicados, de las cuales se obtuvo de acuerdo a la Norma INEN NTE 1108:2011 cuarta revisión los siguientes resultados:

Red de Distribución (Inmuebles):

- Microbiológicos (*Coliformes fecales*): 89.2% de muestras cumplen NTE INEN 1108.
- Cloro libre residual: 91.6% de muestras cumplen NTE INEN 1108.
- Color: 95% de muestras no cumplen NTE INEN 1108.
- Turbidez: 95% de muestras no cumplen NTE INEN 1108
- pH: 100% de muestras cumplen NTE INEN 1108.

Además de estos resultados, se elaboró una curva de calibración obtenida con el Equipo de Prueba de Jarras que nos permitirá ajustar la dosis de reactivos para una determinada Turbidez y Color.

Palabras Clave: Control de Calidad de Agua Potable, Prueba de Jarras, Control Microbiológico, Agua Potable Santa Isabel.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



ÍNDICE:

➤ RESUMEN.....	1
➤ INTRODUCCIÓN.....	12
➤ OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	14
➤ HIPÓTESIS	14
1. ANTECEDENTES	
1.1 GENERALIDADES	
1.1.1 <i>El Agua</i>	15
1.1.1.1 Microbiología del Agua	16
1.1.1.1.1 Bacterias	18
1.1.1.1.2 Virus	19
1.1.1.1.3 Parásitos.....	19
1.1.1.2 Parámetros Físicos y Químicos del Agua	21
1.1.1.2.1 Color.....	21
1.1.1.2.2 Turbidez	21
1.1.1.2.3 pH	22
1.1.1.2.4 Cloro Libre Residual	22
1.1.2 Metodología de los Análisis	24
1.1.2.1 Colorimetría	24
1.1.2.1.1 Método de la Dietil-fenilen-diamina (DPD).....	24
1.1.2.1.2 Método del Rojo Fenol.....	24
1.1.2.1.3 Método de Comparación visual (Color).....	25
1.1.2.2 Nefelometría	25
1.1.2.3 Técnica de Fermentación de los Tubos Múltiples (NMP)	25
1.1.2.4 Fundamento de Técnica Colorimétrica (Caldo LMX-Fluorocult)	26
1.1.3 Proceso de Potabilización del Agua	27
1.1.3.1 Introducción	27
1.1.3.2 Etapas de Potabilización	27
1.1.3.2.1 Captación	27
1.1.3.2.2 Aireación	28
1.1.3.2.3 Coagulación y Floculación.....	28
1.1.3.2.4 Sedimentación	31
1.1.3.2.5 Filtración.....	32
1.1.3.2.6 Desinfección.....	32
1.1.4 Prueba de Jarras	36
1.1.4.1 Introducción	36
1.1.4.2 Reactivos y Equipos	36
1.1.4.3 Procedimiento	37

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



2. METODOLOGIA DE TRABAJO	
2.1. Metodología del Trabajo.....	39
2.1.1. Muestreo	
2.1.1.1 Selección de puntos de muestreo.....	39
2.1.1.2 Tamaño de la muestra	42
2.1.1.3 Flujograma de Trabajo	43
2.1.2. Métodos y Técnicas.....	44
2.1.2.1 Toma de Muestras.....	44
2.1.2.1.1. Toma de Muestra (Planta Tratamiento).....	44
2.1.2.1.2. Toma de Muestra en Inmuebles.....	44
2.1.2.2. Análisis Físico-Químico.....	45
2.1.2.2.1 Determinación de Cloro libre residual.....	45
2.1.2.2.2 Determinación de pH.....	45
2.1.2.2.3 Determinación de Color.....	46
2.1.2.2.4 Determinación de la Turbidez.....	46
2.1.2.3 Análisis Microbiológico.....	47
2.1.2.3.1 Numeración de Coliformes Totales y Fecales (NMP)..	47
2.1.2.4 Prueba de Jarras	48
3. RESULTADOS	
3.1 Planta de Tratamiento	50
3.1.1 Agua cruda.....	50
3.1.2 Agua tratada.....	50
3.2 Agua de Inmuebles	51
3.3 Tablas de Resultados	53
3.4 Gráficos Estadísticos de los Resultados	59
3.5 Tablas de Resultados para el Análisis Estadístico.....	68
4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	70
4.1 Calidad microbiológica en inmuebles.....	70
4.2 Cloro libre residual.....	72
4.3 Color.....	73
4.4 Turbidez.....	74
4.5 pH.....	75
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	81
ANEXO 1: Mapa sectorizado del Cantón Santa Isabel para Selección de	



puntos de muestreo.....	81
ANEXO 2: Respaldo Fotográfico	82
ANEXO 3: Curvas de Calibración para dosificación de Sulfato de Aluminio y Polímero utilizados en planta de tratamiento.....	94
ANEXO 4: Índice de NMP y Límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean 10 porciones de 10 mL.....	95
ANEXO 5: Requisitos Físico Químicos (CLORO LIBRE RESIDUAL, COLOR, TURBIDEZ) y Microbiológicos (COLIFORMES TOTALES Y FECALIS) de Acuerdo a la Norma INEN NTE 1 108:2011, IV Revisión. Para Agua Potable.....	96
ANEXO 6. Requisitos de calidad de agua potable según NCh409 (Norma Chilena 2005).....	97
ANEXO 7. Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo Humano, Real Decreto 140/2003-España.....	98
ANEXO 8. Norma oficial mexicana nom-127-ssa1-1994, Agua para uso y consumo humano. (Norma Oficial Mexicana).....	99
ANEXO 9. Preparación del medio de cultivo LMX FLUOROCULT.....	101
ANEXO 10. Hoja de registro de resultados	102
INDICE DE ABREVIATURAS.....	103
UNIDADES DE MEDIDA	104
GLOSARIO.....	105

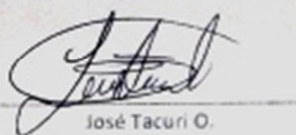


UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, José Tacuri Ortega, autor de la tesis "CONTROL MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA POTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN SANTA ISABEL", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 20 Noviembre 2012



José Tacuri O.
0103443560

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail: cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, José Tacuri Ortega, autor de la tesis "CONTROL MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA POTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN SANTA ISABEL", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 Noviembre 2012


José Tacuri Ortega.
0103443560

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999
Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria. Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail: cd,bv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador

Autores:

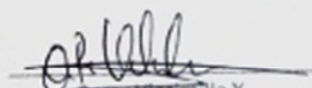
José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Fundada en 1867

Yo, Oscar Vintimilla Yanza, autor de la tesis "CONTROL MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA POTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN SANTA ISABEL", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímico Farmacéutico. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 20 Noviembre 2012


Oscar Vintimilla Y.
0105704241

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999
Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail: cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

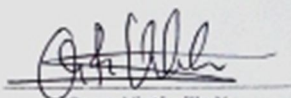


UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1857

Yo, Oscar Vintimilla Yanza, autor de la tesis "CONTROL MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA POTABLE DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN SANTA ISABEL", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 Noviembre 2012


Oscar Vintimilla Y.
0105704241

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 2 de diciembre de 1999
Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316
e-mail: cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103
Cuenca - Ecuador

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



UNIVERSIDAD DE CUENCA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

***“CONTROL MICROBIOLÓGICO Y FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA POTABLE
DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL CANTÓN SANTA ISABEL”***



Tesis previa a la
Obtención del Título de
Bioquímico Farmacéutico

AUTORES

- JOSÉ ISRAEL TACURI ORTEGA
- OSCAR FABIÁN VINTIMILLA YANZA

DIRECTOR

Dr. Eduardo Sánchez Sánchez

ASESOR

Ing. Cristina Ramón

CUENCA – ECUADOR

2012

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



DEDICATORIA

A mis padres, José y Yolanda, por su total apoyo en mi formación humana y académica, especialmente a mi madre, por su incondicional amor y respaldo en cada etapa de mi vida.

A mi esposa Ximena, por estar siempre alentando cada paso de mi carrera, y a nuestro hijo José David por ser mi fuente de inspiración y lucha diaria.

A mis hermanos Sonia y Christian, y a todos mis familiares que me apoyaron y siguieron de cerca mis estudios.

José T.

A mí querida madre Olga por todo su inalcanzable cariño y apoyo brindado durante toda mi vida para poder llegar a ser una persona mejor.

A mis hermanos Marcelo, Juan, Jaime y Miriam, por su valiosa ayuda durante los buenos y malos momentos que hemos pasado.

A mis buenos amigos que siempre han estado junto a mí para apoyarme en todo momento.

Oscar V.

**AGRADECIMIENTOS:**

Al Ilustre Municipio del Cantón Santa Isabel, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

A nuestro Director de Tesis y amigo, Dr. Eduardo Sánchez, por toda su colaboración y respaldo Técnico-Científico.

A nuestra Asesora y amiga, Ing. Cristina Ramón, Jefa de la Planta de Potabilización de Santa Isabel, por su tiempo, colaboración y apoyo a nuestro trabajo.

Al Sr. Daniel Sigüenza, operador de la Planta, por la ayuda brindada; y a toda la población de Santa Isabel, por su valiosa colaboración en esta Tesis.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



INTRODUCCIÓN.

Algunas teorías indican que el origen de la vida en nuestro planeta tuvo lugar en el agua, del mismo modo, las riberas de los brazos de agua natural fueron los sitios ideales para asentamientos humanos dedicados a la agricultura y pesca, y actualmente son los sitios de desarrollo urbano e industrial; en definitiva el agua es reconocida como fuente de vida.¹¹

Las aguas superficiales son susceptibles de contaminación fecal, debido al vertimiento de los desagües sin ningún tratamiento, hecho que es usual en las grandes ciudades, mientras que en las zonas rurales la contaminación se origina por la defecación a campo abierto y la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorio de agentes patógenos. Por otra parte la contaminación de agua tratada o potabilizada puede ocurrir cuando entra a la red de distribución a través de conexiones cruzadas, rotura de tuberías, cisternas, reservorios defectuosos, grifos dañados y durante el tendido de nuevas tuberías y reparaciones sin medidas de seguridad adecuados.²

La principal preocupación del suministro de agua contaminada, desde el punto de vista de la salud, es la transmisión de enfermedades entéricas, cuyos microorganismos responsables como bacterias, virus y parásitos son transmitidos por vía fecal-oral, constituyendo el agua un excelente transmisor de las mismas. Por consiguiente el tratamiento de potabilización del agua para consumo humano, debe ser llevado a cabo con las más estrictas normas de calidad de manera que se asegure y garantice su inocuidad.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108:2011, cuarta revisión, establece los requisitos tanto físico químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para que sea considerada apta para el consumo humano.

¹¹ RAMOS, Raudel. *“El agua en el Medio Ambiente-Muestreo y Análisis”* 1ra Edición, Baja California, Editores Plaza y Valdes, 2003, pg. 23.

² ARCOS, Mireya. *“Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua”*. Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 70

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



En el presente trabajo se realiza un control de calidad tanto físico-química, como microbiológica, basados en los *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales* de la APHA, AWWA, WPCF; además un análisis de las causas y las correctivas necesarias a los inconvenientes encontrados.



OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL:

Analizar la calidad del agua suministrada desde la planta de potabilización de Santa Isabel hasta los inmuebles a los que ésta llega; mediante la valoración de los siguientes parámetros Físico-Químicos: Color, Turbidez, pH, Cloro residual; y Microbiológicos: *Coliformes Totales y Fecales*, según los *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales* de la APHA, AWWA, WPCF.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ❖ Evaluar la calidad del agua mediante la monitorización de los parámetros Físico-Químicos, en planta y en los inmuebles a los que abastece el sistema potabilización de Santa Isabel, y correlacionar los datos obtenidos con los requisitos establecidos por la norma INEN 1108:2011, cuarta revisión, para agua potable; durante un periodo de 45 días.
- ❖ Evaluar la calidad microbiológica del agua potable de abastecimiento para el consumo humano, durante 45 días y correlacionar los datos obtenidos con los requisitos establecidos por la norma INEN 1108:2011, cuarta revisión, para agua potable.
- ❖ Aportar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación académica para tratar de solucionar las eventuales falencias que se pudieran presentar durante el estudio.

HIPÓTESIS

- ❖ La calidad microbiológica (*Coliformes Totales y Fecales*) y Físico química (Color, pH, turbiedad y Cloro libre Residual) del agua que llega a los inmuebles abastecidas por la planta de potabilización de Santa Isabel, cumple con los requisitos establecidos por la norma INEN 1108:2011, cuarta revisión, para agua potable.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



1. ANTECEDENTES

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 El Agua

El agua es el vehículo idóneo donde se desarrollan las complejas reacciones bioquímicas que hacen posible el desarrollo de la vida, además es el único compuesto que se encuentra en los tres estados físicos de agregación de la materia y en cantidad considerable, pues se estima que el total de agua en la tierra es de unos 1400 millones de Km³, de los cuales un 3% corresponde a agua dulce.¹

El agua además de ser una sustancia imprescindible para la vida por sus múltiples propiedades es ampliamente usada para actividades agrícolas, industriales y consumo doméstico, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados del planeta. De ahí radica la importancia de conservarla y mantener libre de contaminación las fuentes naturales, para garantizar su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones.²

La norma INEN 1108: 2011, cuarta revisión, define al agua potable de la siguiente manera: *“Es el agua cuyas características químicas, físicas y microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano”*.³

El aprovechamiento del agua por parte del hombre, es de aproximadamente desde 5-6 Litros/habitante-día en países subdesarrollados, y hasta 500-600 Litros en zonas industrializadas. Es importante señalar que aproximadamente de cada 100 litros de agua potabilizada, apenas 5-10 litros se consumen directamente para bebida en nuestros hogares.¹

¹ MARIN, Rafael, *“Físico Química y Microbiología de los Medios Acuáticos-Tratamiento y Control de Calidad de Aguas”*, Madrid, Ediciones Díaz De Santos S.A, 2003, pg. 1; 2.

² ARCOS, Mireya. *“Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua”*. Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 69

³ Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. Norma Técnica Ecuatoriana 1108:2011, cuarta revisión. “Agua Potable- Requisitos”



El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades, causado por la contaminación de la misma, con desechos humanos, animales o químicos. Por lo que es imprescindible el control permanente del líquido vital tanto en su calidad físico-química como microbiológica. Los patógenos humanos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos como: bacterias, virus, protozoos y en ocasiones helmintos.⁴

1.1.1.1 MICROBIOLOGÍA DEL AGUA.

El agua, elemento fundamental para la existencia de los animales incluido el hombre, actúa además como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos.⁵

El peligro más común y más difundido relativo al agua es el de su contaminación directa o indirecta por aguas servidas, desechos, o de las excretas del hombre o animales.⁶

Entre los agentes patógenos que pueden estar presentes se encuentran: virus, bacterias, protozoos y helmintos que difieren en tamaño, estructura y composición, lo que implica que su supervivencia en el ambiente y resistencia a los procesos de tratamiento difieren significativamente.⁷

Para brindar una garantía en el consumo de agua potable, se debe realizar un control basado en la protección de la fuente de agua, métodos apropiados de tratamiento, control del estado de las redes de distribución y una prolija vigilancia de la calidad de agua. Este último se basa en la detección de indicadores biológicos como: Grupo de los *Coliformes*, *E. Coli*, *Enterococos*, *Clostridium perfringens* y bacterias aerobias a 22 ° C.⁷

⁴ ASTUDILLO, Adelina. "Microbiología e Higiene de los Alimentos-Manual de Prácticas", Ecuador, 2007, pg. 43-44.

⁵ APELLA, María. "Microbiología del Agua-Conceptos Básicos" Buenos Aires, 2008, pg. 33.

⁶ Organización Panamericana de la Salud (OPS) "Guías para la Calidad del Agua Potable".Vol.2, Washington D.C., OMS, 1987, pg. 3.

⁷ Organización Mundial de la Salud (OMS), VARGAS, Carmen. "Guías de la OMS para la Calidad de Agua de Bebida-Aspectos Microbiológicos". Lima: CEPIS, OMS, 1996, pg. 3.



Indicadores Microbiológicos de contaminación del Agua

Uno de los criterios usados para determinar la calidad sanitaria del agua es la clase y número de bacterias presentes en ella. Para ello se han empleado **microorganismos indicadores**, en lugar de la determinación de patógenos directamente, puesto que éstos se encuentran en baja cantidad sobre todo en presencia de números altos de otros microorganismos, además tienen una distribución irregular en el agua, son largos y costosos. De ahí que los microorganismos indicadores se constituyen en métodos de cuantificación y detección fáciles y cuya presencia en cierto número nos **indica** que la muestra estuvo expuesta a microorganismos peligrosos o patógenos.⁴

Los indicadores comúnmente usados son los de origen fecal y necesita cumplir algunos requisitos como:

- Estar presentes cuando los agentes patógenos también estén presentes y en igual o mayor cantidad.
- Ser específicos para la contaminación fecal o de aguas residuales.
- Ser resistentes como los agentes patógenos a las condiciones en los ambientes de agua natural, a la purificación del agua y a procesos de desinfección.
- Presentarse en número elevado, facilitando su aislamiento e identificación.
- No ser patógenos
- Ser un constituyente de la flora intestinal de individuos sanos.
- Ser detectables por métodos sencillos, rápidos y de bajo costo.

Entre los indicadores de uso común se encuentran: Grupo Coliformes Totales (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*), *Coliformes fecales* (*termorresistentes*), *Escherichia coli*, *Streptococos fecales*, *aerobios mesófilos* (microorganismos a 30° C)⁷

⁴ ASTUDILLO, Adelina. "Microbiología e Higiene de los Alimentos-Manual de Prácticas", Ecuador, 2007, pg. 45.

⁷ Organización Mundial de la Salud (OMS), VARGAS, Carmen. "Guías de la OMS para la Calidad de Agua de Bebida-Aspectos Microbiológicos". Lima: CEPIS, OMS, 1996, pg.5.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

1.1.1.1.1 Bacterias.

Las bacterias son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria, según la especie, su tamaño puede variar entre 0,2 μm hasta 10 μm de diámetro. Su forma varia entre esférica (cocos), bastón alargado (bacilos) o espiral (espirilos).⁵

En el agua podemos encontrar con mayor frecuencia bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de las heces fecales. Al introducirse en el agua, por las condiciones ambientales variadas hace que su capacidad de reproducirse y de sobrevivir, sean limitadas. El grupo de los Coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que se encuentra presente en el tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente en grandes cantidades, y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección.²

El grupo de los *coliformes totales* se caracterizan por ser gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas,² poseen una enzima β -D-Galactosidasa capaz de utilizar un sustrato galactopiranosido cromogénico para su crecimiento.⁸

Los *coliformes fecales* (termotolerantes) tienen la capacidad de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos, favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros también pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable.²

⁵ APELLA, María. “Microbiología del Agua-Conceptos Básicos” Buenos Aires, 2008, pg. 33

² ARCOS, Mireya. “Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua” .Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 72

⁸ Organización Panamericana de la salud (OPS).



1.1.1.1.2 VIRUS

Se trata de microorganismos acelulares, ubicados en la frontera entre la vida y el mundo inorgánico, compuestos por un virión (ADN o ARN) y una cápside proteica. Su tamaño oscila entre 20 y 300 milimicras. Su forma varía entre: simetría, icosaédrica, helicoidal y compleja.¹

A diferencia de las bacterias éstas no se encuentran normalmente en las heces del hombre, sino están presentes en el tracto gastrointestinal de individuos infectados, los mismos que a través de sus deposiciones contaminan el agua.

Dentro de los virus más comunes transmitidos por el agua se encuentran: *Hepatitis A y E*, *Enterovirus*, *Adenovirus*, *Rotavirus* (una de las principales causales de gastroenteritis infantil).⁴

La variabilidad del número de virus presentes en medios acuáticos, han hecho que se dificulte su uso como indicadores, además de la necesidad de laboratorios especializados y mucho tiempo para los resultados. Esto ha llevado a la búsqueda de indicadores alternativos, que sean fácil y rápidamente detectables. Estos indicadores son los *fagos*; colífagos somáticos y colífagos F específicos.²

1.1.1.1.3 PARÁSITOS

Se llama parásito a todo ser vivo que pasa una parte o toda su existencia en otro ser vivo (hospedero) del cual se nutre, produciéndole o no daño.⁹

Morfológicamente se clasifican en: Protozoos y Metazoos. Los primeros son capaces de cumplir todas las funciones básicas de la vida y poseen la

¹ MARIN, Rafael, "Físico Química y Microbiología de los Medios Acuáticos-Tratamiento y Control de Calidad de Aguas", Madrid, Ediciones Díaz De Santos S.A, 2003, pg. 89

⁴ ASTUDILLO, Adelina. "Microbiología e Higiene de los Alimentos-Manual de Prácticas", Ecuador, 2007, pg. 44

² ARCOS, Mireya. "Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua" .Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 75

⁹ CABALLERO, Ángel, "Temas de Higiene de los Alimentos" La Habana, Editorial Ciencias Médicas, 2008, 387p.



típica estructura de la célula eucariota. Además incluyen una forma vegetativa (trofozoito) y una de resistencia (quiste). Mientras que los Helmintos son pluricelulares, de estructura concreta y sistemas poco desarrollados. Los de interés clínico son los helmintos que abarcan a su vez a los Nematodos y Platelminotos.⁹

Los quistes y huevos de parásitos intestinales como *Giardia* y *Cryptosporidium* son muy resistentes, sin embargo se encuentran en bajas cantidades en aguas residuales y tratadas, por lo que su detección es difícil y su reacción frente a tratamientos de desinfección son variables frente a los indicadores comúnmente usados.⁷

El estudio de huevos de helminto a nivel ambiental a hecho necesaria la selección de *Áscaris lumbricoides* como parásito indicador del comportamiento de huevos de helminto. Desde 1981, los protozoos entéricos son reconocidos como causantes de brotes infecciosos transmitidos por el agua, entre éstos están: *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica*, *Balantidium coli* y *Cryptosporidium*.²

⁹ CABALLERO, Ángel, “*Temas de Higiene de los Alimentos*” La Habana, Editorial Ciencias Médicas, 2008, 387p.

⁷ Organización Mundial de la Salud (OMS), VARGAS, Carmen. “*Guías de la OMS para la Calidad de Agua de Bebida-Aspectos Microbiológicos*”. Lima: CEPIS, OMS, 1996, pg. 7-8

² ARCOS, Mireya. “*Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua*” .Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 75



1.1.1.2 PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DEL AGUA

“Cuando un consumidor abre el grifo y descubre que el agua presenta color, éste pone en duda su garantía sanitaria. El color junto con la turbidez, el olor y el sabor son los parámetros que usa el consumidor para establecer si un agua es saludable y apta para el consumo humano, o no.”

1.1.1.2.1 COLOR

El color del agua puede estar determinado o condicionado por diversos elementos dentro de los cuales están: iones metálicos naturales como hierro, manganeso, materia orgánica coloreada relacionada con el humus de la tierra y turbas, plancton, restos vegetales y residuos industriales, dependiendo la fuente. Dicha coloración se debe eliminar mediante diversos tratamientos dependiendo de la composición de la misma para adaptarlo al uso que se le desee dar.¹⁰

Existen dos tipos de color, el Color Real y el Color aparente; el primero se refiere al color del agua cuya turbidez ha sido eliminada, mientras que el segundo comprende el color debido a sustancias disueltas y a materia en suspensión.¹⁰

1.1.1.2.2 TURBIDEZ

La turbidez del agua es producida por material suspendido, arcilla, material orgánico e inorgánico, plancton, microorganismos, etc.¹⁰

La turbidez es una medida de la capacidad del agua para dispersar y absorber la luz en línea recta a través de una muestra y es indicativa de la

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.p 2-2.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



presencia de material disperso, emulsificado o suspendido.¹¹ Se lo considera importante por: estética, movilidad y eficacia en la desinfección, pues los niveles de turbiedad elevados pueden proteger a los microorganismos de la desinfección, estimular el crecimiento de las bacterias y demandar más cloro.¹²

1.1.1.2.3 pH

En la mayor parte, por no decir todas las etapas del proceso de potabilización del agua es de suma importancia el pH, pues depende de éste la actividad óptima de los reactivos empleados en el proceso.¹⁰

Los desinfectantes son fuertemente influenciados por el pH del agua, debido a que cada desinfectante tiene un rango de pH en el que se determina su máxima eficiencia. En general, cuanto más alcalina sea el agua se requieren mayores dosis para una misma temperatura y tiempo de contacto. Es así que a un pH de 6.5 y una temperatura de 21° C, 0,3 mg/L de Cl₂ residual causa un efecto letal en las bacterias. A un pH de 7.0 y una temperatura de 21°C, 0.6 mg/L de Cl₂ residual causan un efecto letal en las bacterias. A un pH de 8.5 y una temperatura de 21°C, 1.20 mg/L de Cl₂ residual causan un efecto letal en las bacterias.¹³

1.1.1.2.4 Cloro Libre Residual

La desinfección del agua con cloro, es el proceso más difundido en este campo; así, además de desinfectar el agua, mejora el color, especialmente de aguas con complejos coloreados y hierro.¹³

Las ventajas que ofrece este tipo de desinfectante son la eliminación de bacterias patógenas para el hombre transmitidas por el agua, en tiempos

¹¹ RAMOS, Raudel. *"El agua en el Medio Ambiente-Muestreo y Análisis"* 1ra Edición, Baja California, Editores Plaza y Valdes, 2003, pg. 78.

¹² Organización Mundial de la Salud (OMS), *"Guías para la calidad del Agua Potable-Control de la Calidad del Agua Potable en sistemas de Abastecimiento para Pequeñas Comunidades"*. Vol.3, Washington D.C, 1988. Pg.5.

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** *"Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"*. 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 4-106.

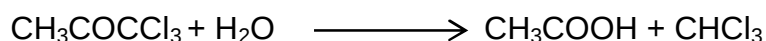
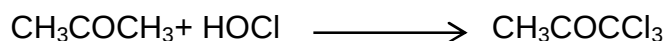
¹³ GOMELLA. C, *"Tratamiento de Aguas para Abastecimiento Público"* 1ra Edición, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1977, pg. 31.



cortos, su bajo costo, fácil de monitorear, inocua para el ser humano a dosis adecuadas y el efecto residual que deja al agua para prevenir contaminaciones posteriores.¹³

El agua cruda puede tener orígenes diferentes, así como ser sometida a diversos procesos de potabilización. El desinfectante utilizado, generalmente cloro, reacciona con la materia orgánica natural presente en el agua bruta (ácidos fúlvicos y húmicos), generando subproductos derivados de la desinfección, los trihalometanos (THM) y los ácidos haloacéticos (AHA) son los productos más habituales en las aguas de consumo cloradas. Su grado de formación varía en función de las características del agua (materia orgánica e iones bromuro), del proceso de potabilización y de factores operacionales (temperatura, pH, cloro residual y tiempo de contacto entre el desinfectante y la materia orgánica). El cloroformo es el THM más frecuente en el agua potable con baja concentración de bromuro.²⁷

Los THMs se forman por reacciones entre la acetona y el cloro, la acetona se oxida a tricloroacetona. Cuando los valores de pH son altos se puede generar cloroformo por la hidrólisis de la acetona.²⁸



¹³ GOMELLA. C, "*Tratamiento de Aguas para Abastecimiento Público*" 1ra Edición, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1977, pg. 31.

²⁷ LORETO, Santa Marina. "*Concentración de trihalometanos y de ácidos haloacéticos en el agua de consumo Humano*". Edición No.4, Barcelona, Gaceta Sanitaria, Vol. 24, 2010, pg 3.

²⁸ SANCHEZ Alicia, "*Efectos de los trihalometanos sobre la salud*", Granada, Higiene y Sanidad Ambiental, 2008, pg. 283.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



1.1.2 METODOLOGIA DE LOS ANÁLISIS

Para la realización del monitoreo de los parámetros físico-químicos como el control bacteriológico se requiere la aplicación de técnicas estandarizadas que sean de fácil aplicación tanto en el laboratorio como en el campo y a la vez garanticen el estudio, por esta razón a continuación se describen los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales de la APHA-AWWA-WPCF, utilizadas en este trabajo.

1.1.2.1 COLORIMETRIA

1.1.2.1.1 METODO COLORIMÉTRICO DE LA DIETIL-FENILEN-DIAMINA (DPD)

El método colorimétrico es el más sencillo de realizar, puesto que utiliza un indicador, la N,N-Dietil-p-Fenilenodiamina (DPD), el mismo que reacciona con el cloro libre presente en la muestra de agua para producir un color rojo, cuya intensidad es proporcional a la cantidad de cloro libre residual presente en la muestra.

Este método está sujeto a interferencias por las formas oxidantes de manganeso, además del color y la turbidez, para lo cual se compensa con un blanco.¹⁰

1.1.2.1.2 MÉTODO COLORIMÉTRICO DE ROJO FENOL (pH)

El método colorimétrico para determinación de pH es sencillo, práctico y además no se descompone, se basa en el uso de colorantes orgánicos complejos que cambian de color de acuerdo al valor de pH de una solución acuosa. Debido a su características tiene la propiedad de cambiar de color en un intervalo de pH entre 6,8 y 8,6 pasando del amarillo al rojo; tonalidad que es cuantificada colorimétricamente por el equipo.¹⁰

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 2-14

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



1.1.2.1.3 MÉTODO DE COMPARACIÓN VISUAL (COLOR)

El color se determina mediante comparación visual de las muestras. El método patrón de medida de color es el de cobalto-platino, siendo la unidad de color el producido por 1 mg de platino/L en forma de ión cloroplatinato.¹⁰

1.1.2.2 NEFELOMETRÍA (Turbidez)

Se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbidez.¹⁰

Interferencia.- La turbidez puede determinarse en cualquier muestra de agua libre de residuos y privada de sedimentos gruesos. La suciedad del vidrio, la presencia de burbujas de aire y los efectos de las vibraciones que alteran la visibilidad superficial de la muestra, conducirán a resultados falsos.¹⁰

1.1.2.3 TÉCNICA DE FERMENTACIÓN DE TUBOS MÚLTIPLES (NMP)

Es un método cualitativo y cuantitativo, que consiste en identificar todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido de 24 a 48 horas a 35°C.

En este método los resultados del análisis de tubos y sus diluciones se expresan en términos de Número Más Probable (NMP) de microorganismos existentes. Este número, basado en determinadas fórmulas de probabilidad, es un cálculo de la densidad media de los coliformes en la muestra; de modo que la precisión del análisis dependerá del número de tubos utilizados. Se obtiene una información mas satisfactoria cuando el inóculo de la muestra, presenta gas en uno o en todos los tubos.¹⁰

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 9-78



La densidad bacteriana puede calcularse mediante una tabla que utiliza el número de tubos positivos en las diluciones múltiples y se basa en la hipótesis de una distribución de Poisson (dispersión aleatoria) ¹⁰

1.1.2.4 FUNDAMENTO DE TÉCNICA COLORIMÉTRICA (CALDO LMX-FLUOROCULT)

Este tipo de medio garantiza un rápido crecimiento del grupo Coliforme, debido al tampón de fosfatos. El contenido de Lauril Sulfato inhibe el crecimiento de gram positivos.

La identificación simultánea de *Coliformes Totales* y *Fecales*, es posible por la adición del sustrato cromógeno 5-bromo-4-cloro-3-indolil- β -D-galactopiranosido (**X-GAL**) el cual es utilizado por los coliformes, produciendo un viraje del caldo (amarillo claro), a verde-azulado, que indica la presencia de *Coliformes Totales*. El 1-isopropil- β -D-1-tiogalactopiranosido (**IPTG**) actúa como sustancia intensificadora en la síntesis enzimática (Gaudet I., 1996)

El sustrato fluorógeno 4-metilumbeliferil- β -D-glucoronido (**MUG**) es utilizado por la enzima β -D-glucoronidasa, altamente específica para *E.coli*.

El contenido de triptófano mejora la reacción del indol para la confirmación de *E.coli*, produciéndose un anillo rojo-cereza al añadir unas gotas del reactivo de Kovacs sobre los tubos positivos³⁰

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 9-78

³⁰ CABRERA, Aissa. "**Identificación de Microorganismos indicadores en aguas superficiales**". Bogotá.2006 (Tesis Previa a la Obtención del título de Microbiólogo Industrial). Universidad Javeriana-Colombia. Pg 38.

1.1.3 PROCESO DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

1.1.3.1 INTRODUCCIÓN.

El ciclo del agua empieza con la lluvia, una parte penetra en el subsuelo (cerca del 20%) y el resto impregna el suelo y corre hacia el mar formando: arroyos, lagos y ríos; Este tipo de recursos hidrológicos son de vital importancia para el desarrollo de una comunidad.¹⁴

El agua potable o también llamada “bebible” es la que puede ser consumida por los seres humanos y animales sin el riesgo de contraer enfermedades ya que obedece a estándares de calidad nacional o internacional.¹⁵

1.1.3.2 ETAPAS DE POTABILIZACIÓN

1.1.3.2.1 Captación: Para transformar el agua cruda en potable se necesita tomar esta de diferentes fuentes como:

- Fuentes superficiales como lagunas, lagos, esteros, ríos y embalses.
- Fuentes subterráneas como pozos profundos, punteras, y drenes.

Las aguas subterráneas por lo general están menos contaminadas que las fuentes superficiales. Sin embargo, sacarlas a la superficie puede ser muy costoso.

La calidad del agua varía según diversos factores, su naturaleza, las actividades que se desarrollen en las riveras de los ríos y esteros o por los elementos naturales que pueden ser arrastrados. Todos estos componentes hacen que el proceso de potabilización sea más complejo en algunos casos que en otros. Por eso, en las grandes ciudades es más difícil convertirla en potable, pues las fuentes de donde se extraen se encuentran más contaminadas.

¹⁴ ETIENNE Guillermo, “Potabilización y Tratamiento de Agua diseño con Excel” 1º Edición Electrónica, Ciudad de México, Enero del 2009.

¹⁵ ROMERO Mynor, “Tratamientos utilizados en potabilización de agua” Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, Ciudad de Guatemala, 2007.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

Al agua que es captada en la planta de producción de Agua Potable se le retira todo el material flotante que arrastra, tales como palos, ramas, plásticos, mediante rejas finas y mallas móviles.¹⁶

1.1.3.2.2 Aeración: En este proceso se permite ampliar el área de contacto del agua con el aire para coaccionar el intercambio de sustancias volátiles, con la finalidad de:

- Remoción de gases: Como gas carbónico (presente de forma natural), gas sulfhídrico (producto de putrefacción o fermentación de desechos orgánicos), etc.
- Introducción de oxígeno: Para oxidar compuestos como el hierro y manganeso y posteriormente lograr su remoción mediante la decantación y filtración, con el objetivo de eliminar los malos olores y colores que estos metales son capaces de causar, así como eliminar bacterias férricas que crecen en tuberías dañándolas.

Al burbujear aire en el agua, o al crear contacto entre el aire y el agua por aspersión, el hierro o manganeso disuelto (Fe^{+2} , Mn^{+3}) se oxida a una forma menos soluble (Fe^{+3} , Mn^{+4}) que precipita y se puede separar en un tanque de sedimentación o un filtro.¹⁷

1.1.3.2.3 Coagulación y Floculación: En el Agua cruda hay materias coloidales que incluyen: arcilla, sílice, hierro, otros metales y sólidos orgánicos, para su eliminación se lleva a cabo por sedimentación, basada en simple gravedad, pero algunas de estas impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por lo cual es necesario utilizar procesos de clarificación, que consisten en reducir la concentración de los materiales suspendidos en un líquido.¹⁵

¹⁶ Instituto Nacional de Normalización, Proyecto de Norma en consulta Pública, "Agua potable-Fuentes de abastecimiento y Obras de captación" Chile, 2008.

¹⁷ VILLEGAS, M. "Purificación de aguas". Segunda edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007. p. 112.

¹⁵ ROMERO Mynor, "Tratamientos utilizados en potabilización de agua" Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, Ciudad de Guatemala, 2007.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

La Coagulación se define como la desestabilización de la suspensión coloidal, mientras que en la Floculación se da el transporte de las partículas coaguladas ocasionando colisiones entre ellas y promoviendo su aglomeración (flóculo), disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para poder realizar este tipo de procesos es necesario añadir sales químicas en su mayoría cargadas positivamente como: sales de aluminio, hierro o polielectrolitos que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.¹⁸

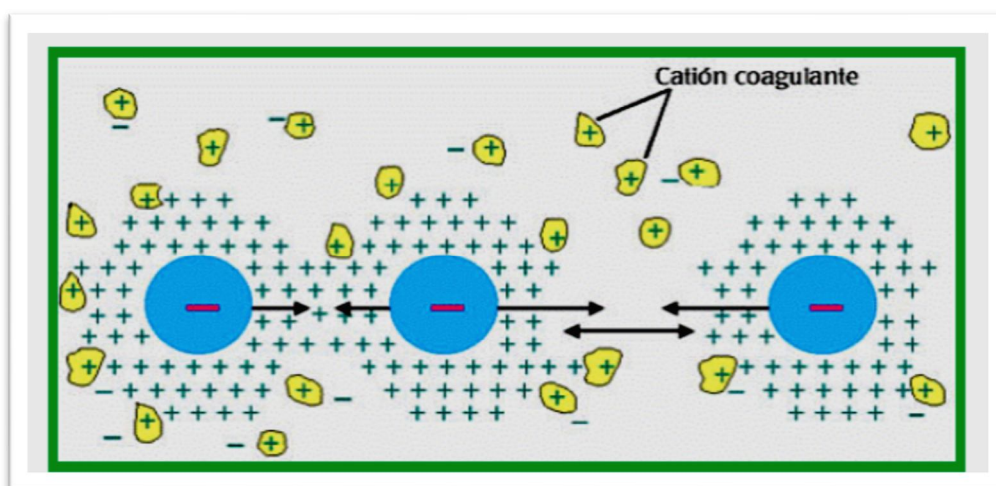


Figura 1. Detalle de cargas negativas realizando coagulación.¹⁸

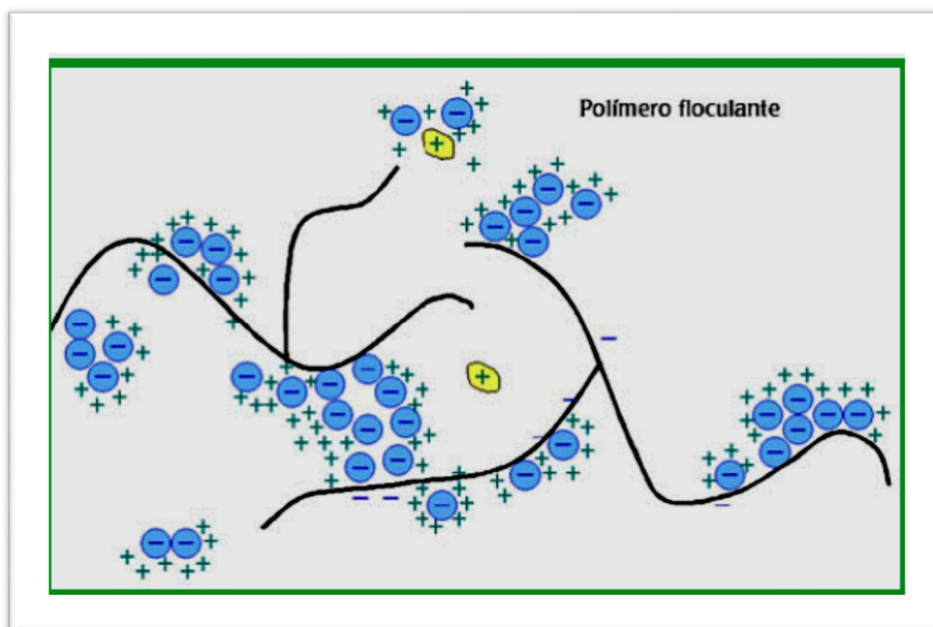


Figura 2. Formación de Flóculos.¹⁸

¹⁸ REYES Alan Michael, "Análisis y control del abultamiento Filamentoso en una Planta de Tratamiento de Efluentes", Universidad de Veracruz, 2009.

Autores:

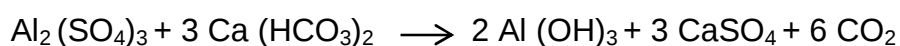
José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

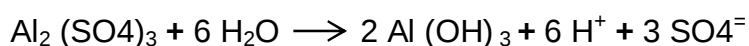
Coagulantes más comunes:

- Sulfato de aluminio
- Sulfato ferroso
- Sulfato férrico
- Cloruro férrico
- Polihidróxido de aluminio

De los anteriores el sulfato de Aluminio es el más utilizado cuando este se añade al agua residual que contiene alcalinidad, la reacción que tiene lugar es la siguiente:

**Papel del pH dentro de la Coagulación-Floculación**

Cumple un papel muy importante en estos procesos ya que una parte de las partículas coloidales que han absorbido iones OH^- quedan destruidas debido a que aumentan los iones H^+ , lo que disminuye la estabilidad de la suspensión coloidal, por lo que es preferible que el pH este en un rango de 6 - 7,4 ya que así se logra la estabilidad de las sales de aluminio para que estas no se solubilicen. Para las sales de hierro hay un rango mayor de estabilidad que es superior a un pH de 5.¹⁸

**Factores para la Elección del Coagulante**

Esta se efectuará después de un estudio del agua en laboratorio, mediante la técnica de Prueba de Jarras. En esta elección deben tenerse en cuenta diversos factores:

- Naturaleza y calidad del agua cruda.

¹⁸ REYES Alan Michael, "Análisis y control del abultamiento Filamentoso en una Planta de Tratamiento de Efluentes", Universidad de Veracruz, 2009.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



- Variación de la calidad del agua cruda (diarias o según las estaciones)
- Calidad y destino del agua tratada,
- Tratamiento posterior a la coagulación (coagulación sobre filtro, decantación),
- Grado de pureza del reactivo.

Floculadores

La floculación se realiza en sistemas de agitación muy lenta para no romper los flóculos ya formados, pero que tengan velocidad suficiente para conseguir el engrosamiento progresivo del flóculo e impedir que se formen sedimentos sobre el fondo. El volumen de la cuba de floculación debe ser el necesario para que se consiga el tiempo de floculación determinado mediante ensayos de laboratorio.¹³

1.1.3.2.4 Sedimentación

En esta etapa la velocidad del agua disminuye hasta que el material suspendido (partículas floculadas) pueda asentarse fuera de la corriente de agua por gravedad. Una vez asentadas, las partículas se combinan para formar lodo el cual es retirado más tarde del agua clarificada.

En un sedimentador se necesita que los flóculos sedimenten en el fondo de la unidad, para que el agua pueda clarificar y los sólidos se remuevan del fondo manualmente.

Los decantadores o sedimentadores en su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua (que contiene menor turbiedad) por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.¹⁹

¹³ GOMELLA, C, “*Tratamiento de Aguas para Abastecimiento Público*” 1ra Edición, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1977, pg. 86

¹⁹ RAMALHO, R. “*Tratamiento de aguas Residuales 2da Edición*”, Barcelona, Editorial Reverté, 2003, pg. 92.

1.1.3.2.5 Filtración

Mediante este proceso el agua es separada de la materia en suspensión debido a que se la hace pasar a través de una sustancia porosa que generalmente es arena.¹⁵

Por gravedad el agua pasa a través de sucesivas capas de arena de distinto grosor las cuales retienen las impurezas o turbiedad residual que queda en la etapa de filtración.

Tipos de Filtros de Arena

De acción lenta: El agua pasa por gravedad a través de la arena y deposita los materiales en suspensión sobre los granos de arena.

Filtros Rápidos: Estos son los más utilizados; El agua desciende por gravedad a través de la arena a una velocidad mayor; Para utilizar este tipo de filtros es necesario que el agua se someta a un Coagulación y Floculación previa.¹⁵

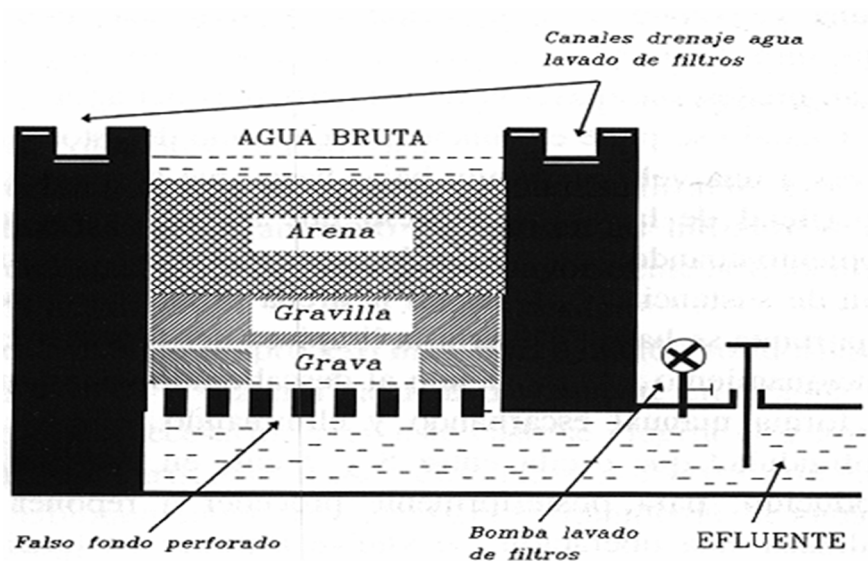


Figura 3. Filtro de Arena Convencional.¹⁵

1.1.3.2.6 Desinfección.

Se realiza para destruir los agentes microbianos, por medio de productos químicos como: Hipoclorito de Sodio, Hipoclorito de calcio, Dióxido de cloro, ozono etc.

¹⁵ROMERO Mynor, "Tratamientos utilizados en potabilización de agua" Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, Ciudad de Guatemala, 2007.



Rayos ultravioleta. Estos rayos matan a las bacterias, desintegrándolas. Las lámparas ultravioleta para uso germicida producen daños en los ácidos nucleicos de los microorganismos y protozoos. Su empleo es muy limitado.¹⁵

Ozono. Es un oxidante poderoso de impurezas inorgánicas y orgánicas. No deja olor pero sí sabor, aunque no desagradable. Es difícil regular su aplicación. Además tiene la ventaja de no formar trihalometanos como el cloro. El ozono se descompone rápidamente en oxígeno nascente que destruye la materia orgánica y oxígeno diatómico inactivo. No proporciona un residuo como las cloraminas como protección contra la infección en los sistemas de distribución. Es muy costoso.¹⁵

Cloro. Es el elemento más importante y más usado que existe para la desinfección del agua ya que elimina olores y sabores, decolorar, ayuda a evitar la formación de algas, y ayuda a oxidar el hierro y manganeso.¹⁵

La cloración se puede aplicar a grandes cantidades de agua y es relativamente barato.

El cloro tiene una acción tóxica sobre los microorganismos debido a que actúa como oxidante sobre la materia orgánica. En los abastecimientos de agua potable se emplea el gas cloro mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan hipocloritos.²⁰

Química de la Cloración.

Mecanismos de la desinfección con cloro.²⁹

La cloración del agua potable se lleva a cabo mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y su posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, y forma ácido hipocloroso (HOCl) de la siguiente forma:

¹⁵ ROMERO Mynor, "Tratamientos utilizados en potabilización de agua" Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, Ciudad de Guatemala, 2007.

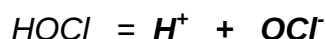
²⁰ Guías para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud, 1998

²⁹ SOLSONA, Felipe. "Desinfección del agua". Pub.02.83, Lima. CEPIS-OPS/OMS, 2002, pg.31.

En el caso del *cloro gaseoso*, la reacción que tiene lugar es:



La especie desinfectante es el ácido hipocloroso (HOCl), el cual se disocia en iones hidrógeno (H^+) e hipoclorito (OCl^-) y adquiere sus propiedades oxidantes:



Ambas fracciones de la especie son microbicidas y actúan inhibiendo la actividad enzimática de las bacterias y virus, produciendo su inactivación. Estas moléculas están presentes hasta cierto punto cuando el pH varía entre 6 y 9 (el rango usual para el agua natural y potable). Cuando el valor de pH del agua clorada es 7.5, el 50% de la concentración de cloro presente será ácido hipocloroso no disociado y el otro 50% será ión hipoclorito.

Las diferentes concentraciones de las dos especies significan una considerable diferencia en la propiedad bactericida del cloro, ya que estos dos compuestos presentan diferentes propiedades germicidas; pues, la eficiencia de HOCl es por lo menos 80 veces mayor que la del OCl^- .

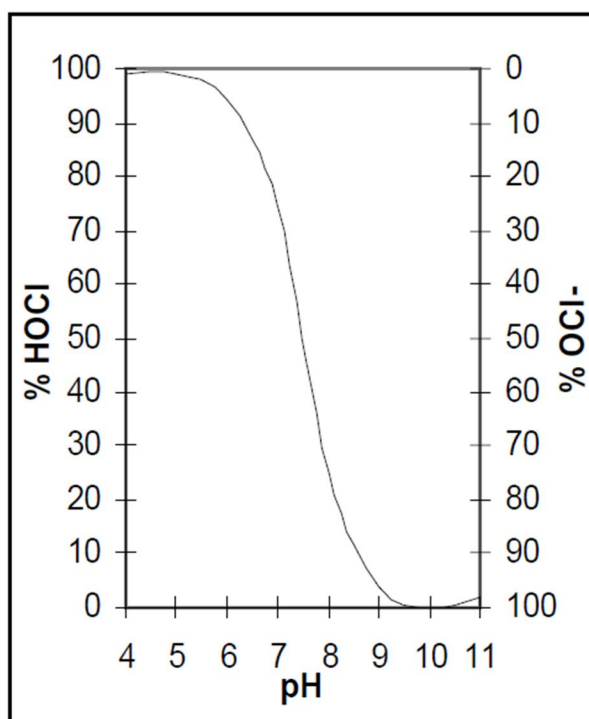


Tabla : Comportamiento de las fracciones del ácido hipocloroso respecto a variaciones de pH.²⁹

²⁹ SOLSONA, Felipe. "Desinfección del agua". Pub.02.83, Lima, CEPIS-OPS/OMS, 2002, pg.31.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



Por esta razón, cuando se monitorea el cloro del agua, es aconsejable vigilar el pH, ya que esto dará una idea del potencial real bactericida de los desinfectantes presentes. En tal sentido, es importante mencionar que la OMS recomienda para una desinfección adecuada un $\text{pH} < 8$.

La turbiedad es otro factor de peso en la desinfección, ya que una excesiva turbiedad reducirá la efectividad por absorción del cloro y, por otro lado, protegería a las bacterias y virus de su efecto oxidante. Por tal, la OMS recomienda una turbiedad menor de 5 UNT, siendo lo ideal menos de 1 UNT.²⁹

²⁹ SOLSONA, Felipe. “Desinfección del agua”. Pub.02.83, Lima, CEPIS-OPS/OMS, 2002, pg.31.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

1.1.4 EQUIPO DE PRUEBA DE JARRAS

1.1.4.1 INTRODUCCIÓN

Se puede definir como un equipo que simula en un laboratorio los procesos de coagulación, floculación y decantación de una planta de potabilización; Este equipo consiste de un set de agitadores mecánicos que están controlados por un aparato que regula su velocidad, además posee una lámpara de iluminación, Seis vasos del dos litros de capacidad, y seis rotores para la mezcla.²²



Figura 4. Test de jarras programable PHIPPS & BIRD, SERIE PB-900.

La prueba de jarras se utiliza para ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de los distintas sustancias químicas que se añaden a las muestras, alternar las velocidades de mezclado para simular lo que ocurriría en un equipo de tamaño industrial para la remoción de coloides y partículas suspendidas, así como materia orgánica en la muestra de agua.²²

1.1.4.2 Equipos y Reactivos

- Equipo para prueba de jarras con agitación múltiple a velocidad variable.
- Pipetas de 1cc.

²² CAMACHO Martínez Mary Ana, "Prueba de Jarras- Materiales y Métodos", Universidad de las Américas, Puebla-México, 2005.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



- Vasos de precipitación de 1000cc de capacidad.
- Es necesario preparar soluciones madres de los reactivos coagulantes y coadyuvantes a concentraciones adecuadas para las pruebas de coagulación.
- Estas suspensiones preparadas se deben mezclar agitándolas cada vez que se utilicen.
- Las soluciones se deben preparar de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.²³

1.1.4.3 Procedimiento

1. Con la prueba de jarras se encontrará el coagulante y/o floculante más eficaz para clarificación de aguas residuales en la dosis óptima. Mediante el uso del agitador de velocidad variable, se simulan las zonas que se tienen normalmente en un clarificador que opera por contacto de sólidos.
2. Se extrae la muestra de agua cruda en una cantidad suficiente para realizar todas las pruebas con la misma muestra.
3. Se llenan los vasos de precipitados con el agua problema, agitando la muestra para que sea homogénea.
4. Un vaso se llena con agua de la llave que va a ser el control.
5. Adicionamos el coagulante a cada contenedor, encendemos el equipo a 100 rpm por 1 minuto.(Mezcla Rápida)
6. Reducir la velocidad de mezclado a 25 o 35 rpm por 15-20 minutos (Mezcla Lenta); adicionar el floculante y observar el Índice de Floculación (tabla N° 1)
7. Dejar que sedimente a 5 rpm por 30-40 minutos (Reposo).
8. Filtrar el contenido de los vasos y realizar las pruebas necesarias (color, turbiedad, pH).
9. Realizar los cálculos para determinar la dosis óptima de los reactivos para determinados turbiedades.²³

²³ LEON Mota Missel, "Prueba de Jarras", Universidad de Veracruz, Reporte de Trabajo #2 Veracruz-México, 2009.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

10. Obtener una curva de calibración con las distintas turbiedades y colores a lo largo de un periodo largo de tiempo con la finalidad de poder interpolar la dosis de reactivo con un determinado color y turbiedad.²³

Nº Índice	Descripción
0	Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado
4	Disperso. Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (sedimenta muy lentamente o no sedimenta)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil y completamente
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente dejando el agua cristalina

Tabla N° 1. Índice de Floculación de Willcomb²⁴

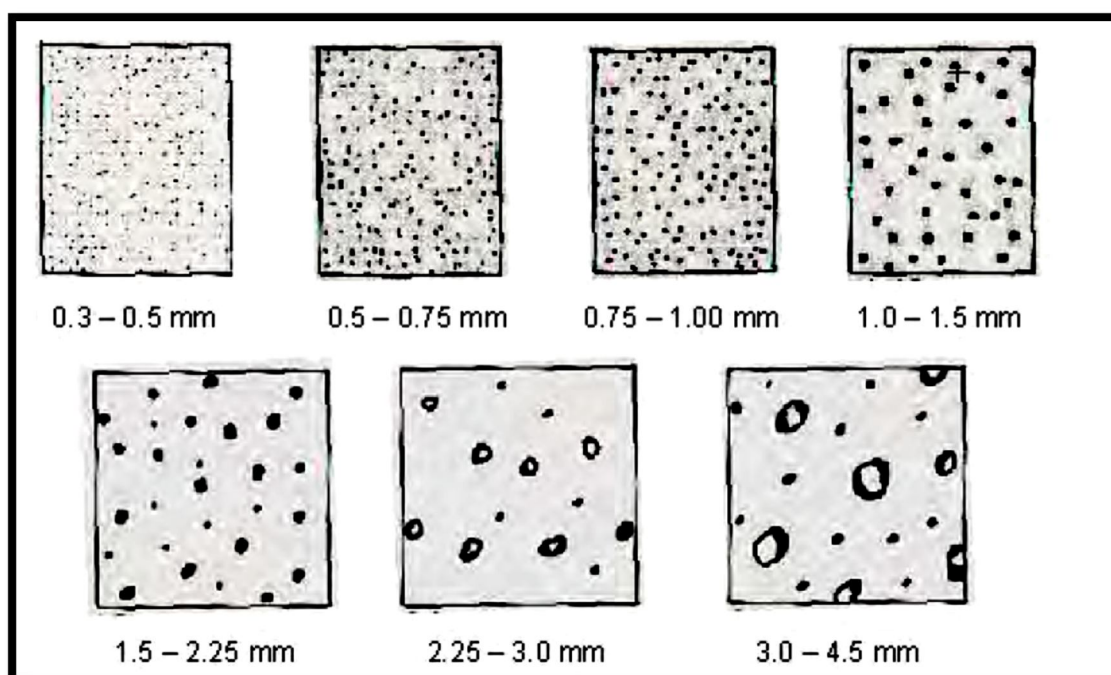


Figura 5. Comparador para estimar el tamaño del floculo.²⁴

²³ LEON Mota Missel, "Prueba de Jarras", Universidad de Veracruz, Reporte de Trabajo #2 Veracruz-Mexico, 2009.

²⁴ CUBA Terán Francisco, "Potabilización" ANESPA, Modulo N.9, La Paz-Bolivia, 2003.

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

2. METODOLOGIA DE TRABAJO

2.1 Metodología de Trabajo

El trabajo de investigación se realizó en la planta de tratamiento de agua del cantón de Santa Isabel, provincia del Azuay, entre los meses de Abril y Junio del año 2012.

En el estudio se incluyó el análisis Físico-Químico y Microbiológico del agua: previa al tratamiento (**agua cruda**), el agua tratada mediante procesos físicos y químicos en la planta de potabilización (**agua tratada**), así como la de los lugares abastecidos en las distintas comunidades (**agua de inmuebles**).

2.1.1 MUESTREO

El muestreo se realizó en base a considerar parámetros como:

- Ser representativos de la zona de abastecimiento de agua.
- Estar uniformemente distribuido en toda la zona de abastecimiento de agua.
- Puntos críticos en la red de distribución, considerándose:
 - Puntos con riesgo o problemas de contaminación.
 - Puntos con fugas frecuentes.
 - Puntos alejados del sistema.

De esta manera se garantizó la determinación precisa de la calidad microbiológica y físico-química del agua; teniendo en cuenta la cantidad poblacional a la que va destinado el suministro.

2.1.1.1 Selección de Puntos de Muestreo.- Para la comodidad y fácil registro de datos, se dividió el sistema de abastecimiento en 4 sectores:

- a) Planta de Tratamiento (Agua cruda (AC) y Agua Tratada (AT))
- b) Centro Cantonal Sta. Isabel [Divido en tres zonas: Zona 1(alta), Zona 2(media) y Zona 3(baja)]. Ver Imagen N°2.
- c) Sector Santa Ana de Lacay.
- d) Sector Limón.

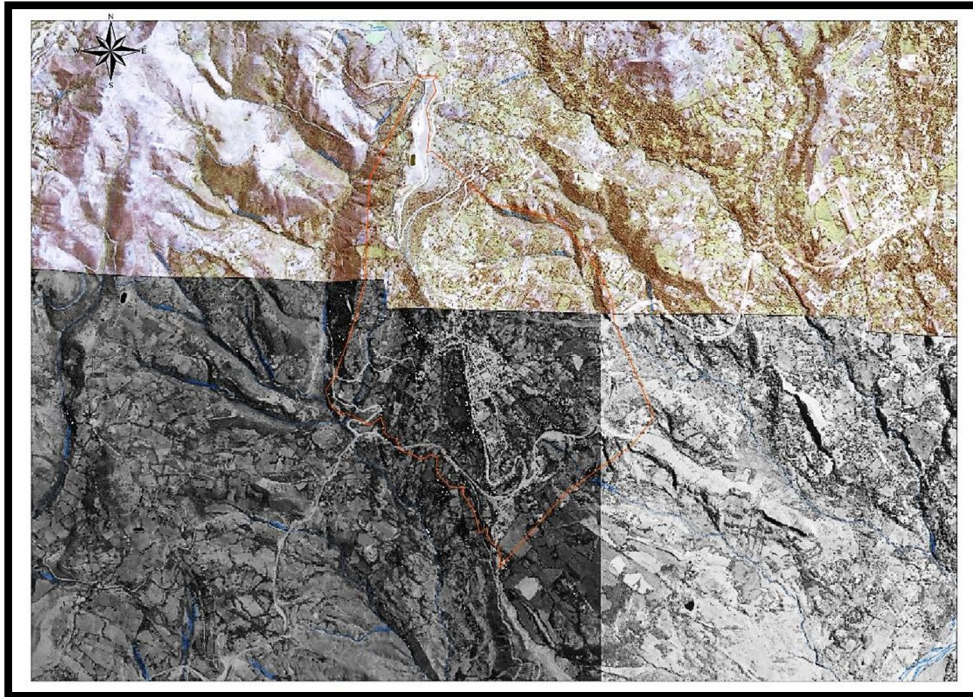


Imagen N°1. Imagen Satelital del Cantón Santa Isabel. (Tomado de Dep. Avalúos y Catastros del I.Municipio de Santa Isabel)

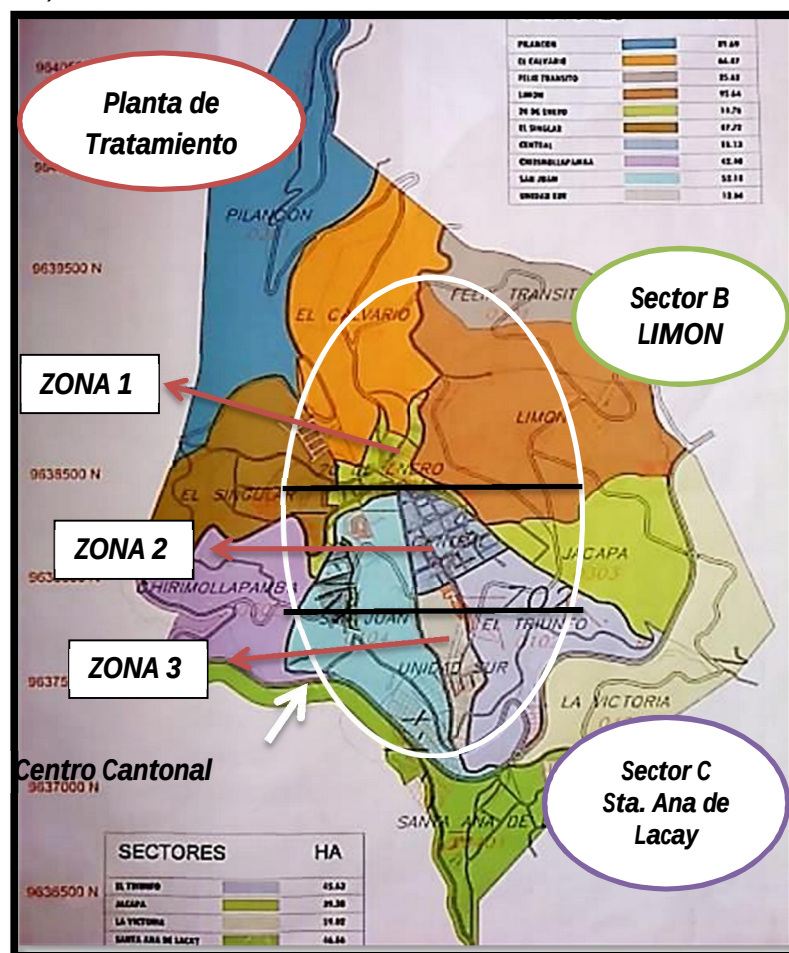


Imagen N°2. Imagen Sectorizada del Cantón Santa Isabel. (Tomado de Dep. Avalúos y Catastros del I.Municipio de Santa Isabel)

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

CRONOGRAMA DE MUESTREO.

El sector del centro cantonal abarca aproximadamente el 80% de las muestras, mientras que el sector de Santa Ana de Lacay y Limón, un 10% cada uno. Por consiguiente se procedió a muestrear según el siguiente Cronograma:

	1RA SEMANA		2DA SEMANA	
	MARTES (# de muestras)	JUEVES (# de muestras)	MARTES (# de muestras)	JUEVES (# de muestras)
Centro Cantonal	3	3	5	5
	Z1 (zona alta)	Z1 (zona alta)	Z1	Z1
	Z2 (zona media)	Z2 (zona media)	Z2 (M1 y M2)	Z2 (M1 y M2)
	Z3 (zona baja)	Z3 (zona baja)	Z3 (M1 y M2)	Z3 (M1 y M2)
Santa Ana de Lacay	1	1	X	X
Limón	1	1	X	X
Planta de Tratamiento	2 Cruda y Tratada	2 Cruda y Tratada	2 Cruda y Tratada	2 Cruda y Tratada

Por consiguiente en las tablas de resultados habrá espacios en blanco correspondientes a la ausencia de datos en la primera semana para la zona media (M2) y baja (M2), y en la segunda semana en el sector de Santa Ana de Lacay y Limón.

Las pruebas realizadas *in situ*, fueron de:

1. Cloro libre Residual in situ mediante la técnica del DPD con el equipo marca HACH-DR 890.
2. Color real, mediante el Colorímetro marca HACH-DR 890.
3. Turbidez, mediante Turbidímetro marca HACH 2100P.
4. pH mediante técnica colorimétrica con Rojo de fenol como indicador y equipo HACH DR 890.

La toma de muestra para el análisis microbiológico realizó en frascos

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

estériles de tapa rosca de 500 mL marca BOECO ®, a los cuales se adicionó 0,1 mL (2 gotas) de Tiosulfato de sodio al 3 % por cada 100 mL de agua. Las mismas que se transportaron en un Cooler con Hielo a temperatura de 4° C, hasta el laboratorio de la Planta de Tratamiento para su respectiva siembra en medios de cultivo FLUOROCULT.

2.1.1.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra mediante fórmula estadística:

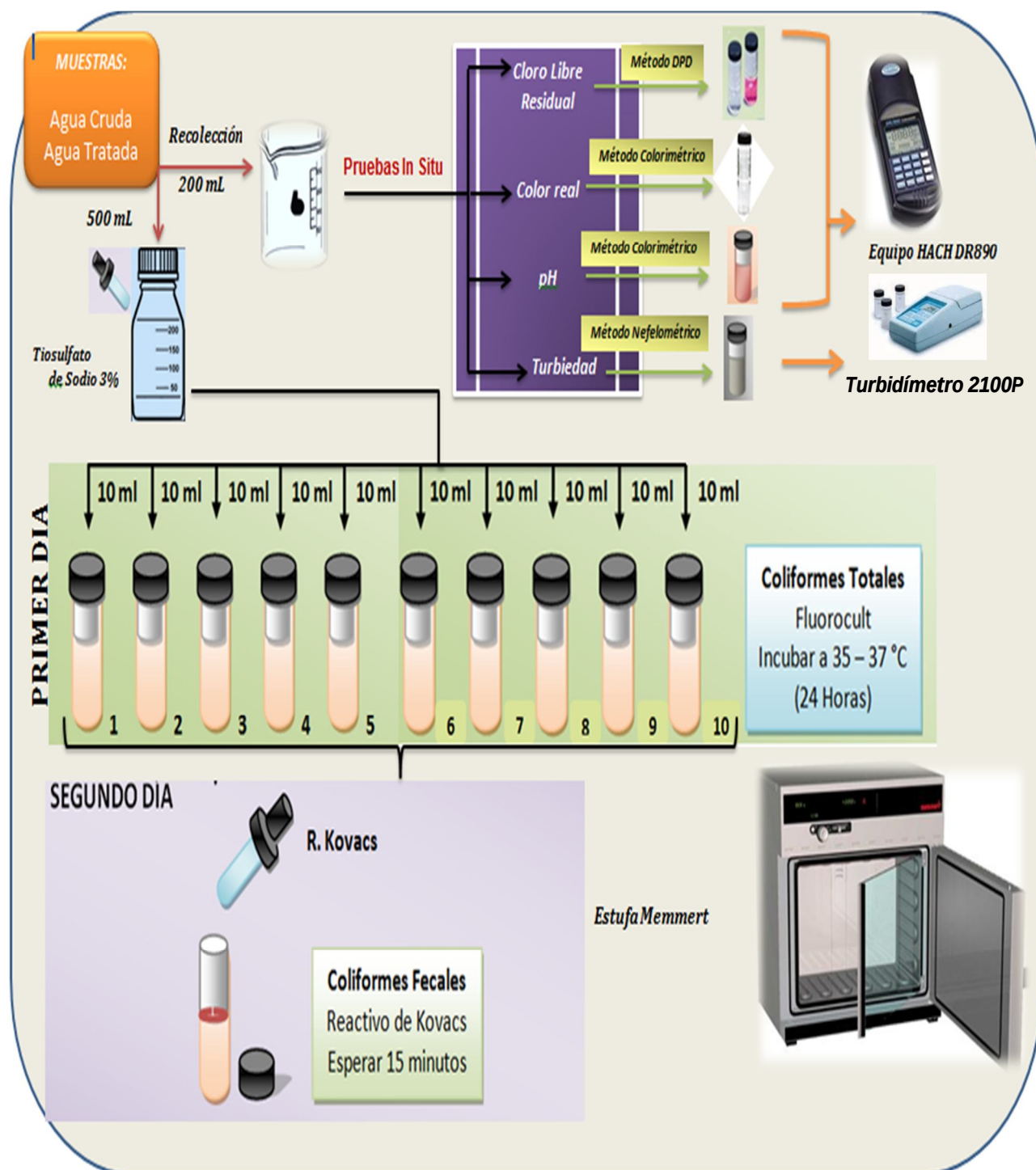
$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.
- Z = Nivel de confianza.
- p = Variabilidad positiva.
- q = Variabilidad negativa.
- N = Tamaño de la población.
- E = Precisión o Error.

Como resultado se obtuvo un total de 84 muestras a analizar, por un lapso de seis semanas durante las cuales se realizó 3 monitorizaciones, que incluyen 24 muestras de planta, distribuidas de la siguiente manera: 12 muestras de agua cruda, 12 muestras de agua tratada (Planta) y 60 muestras de agua de inmuebles, que con sus respectivos duplicados dan un total de 168 muestras analizadas.

2.1.1.3 FLUJOGRAMA DE TRABAJO



Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

2.1.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.1.2.1. TOMA DE MUESTRA.

La toma de muestra se realizó conforme a lo establecido por los *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales* de la APHA, AWWA, WPCF.¹⁰

2.1.2.1.1 Toma de muestra en planta de tratamiento.

- Para el agua cruda: se rotularon los frascos estériles para el análisis microbiológico y otro frasco limpio para el análisis físico-químico. Se obtuvieron las muestras del canal de descargue de la tubería proveniente de la fuente. Se sanitizó la tapa y boca de los frascos recolectores y se procedió a la recolección.
- Para el agua tratada: se rotuló los frascos estériles y uno limpio. Se sanitizó la tapa y boca de los frascos recolectores y se procedió a la recolección de la muestra del tanque de almacenamiento de agua potable.

2.1.2.1.2 Toma de muestra en inmuebles.

Se tomaron muestras de la red de distribución provenientes de la planta de Potabilización que se descargan en grifos (llaves de agua) ubicados en los inmuebles, tomando en cuenta si el inmueble a muestrear tiene tanque de almacenamiento, ya que si es así, la muestra no sería real debido a la desaparición (consumo) del cloro suministrado en el tratamiento, lo que ocasionaría resultados incorrectos.

Se etiquetó los frascos estériles y un frasco recolector limpio. Se desinfectó el grifo de descarga (Llave de agua) con alcohol 70% y se dejó correr el agua durante 2 a 3 minutos. Se sanitizó la tapa y boca de los frascos estériles y se procedió a la recolección de la muestra.

¹⁰ APHA; WEF; AWWA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th Edition. Washington D.C.: American Public Health Association, 1995. p. 9/38 – 9/41.



2.1.2.2 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO.

Las muestras recolectadas se analizaron inmediatamente in situ en los siguientes parámetros físico-químicos:

2.1.2.2.1 Determinación de Cloro Residual

Se la realizo mediante el método colorimétrico de la DPD en el equipo marca HACH modelo DR/890.

Procedimiento:

- Homogenizar la muestra en el recipiente
- Transferir 10 mL a la celda limpia y seca.
- Encender el equipo e ingresar el número de programa (Cód. 9) para la prueba de cloro residual.
- Encerar el equipo con los mismos 10 mL de agua colocados en la celda.
- Añadir un sobre del reactivo DPD en la celda, y una vez homogenizada la muestra se procedió a realizar la lectura, cuidando limpiar previamente por fuera la celda para evitar errores de lectura.
- Anotar la lectura que vendrá expresada en concentración de mg/L de cloro residual.²⁵

2.1.2.2.2 Determinación de pH

Se utilizó el método colorimétrico en el equipo HACH DR/890 utilizando Rojo Fenol como indicador (método 10076).

Procedimiento:

- Homogenizar la muestra
- Encender el equipo
- Colocar 10mL de la muestra en la celda del equipo (blanco)
- Hacer la lectura del blanco
- Colocar 1mL de indicador rojo fenol en la celda con la muestra

²⁵ HACH. *Manual de procedimiento del equipo DR/890*. Pg. 141.



- Anotar la lectura de la muestra con rojo fenol expresada en unidades de pH.²⁵

2.1.2.2.3. Determinación de Color

Se realiza mediante el método estandarizado de Platino y Cobalto (método 8025) para la determinación del color real con el HACH DR/890.

Procedimiento:

- Luego de obtener la muestra pasar por papel filtro aproximadamente 50mL y recoger el filtrado.
- Encender el equipo, seleccionar el método para color (# 19)
- Colocar 25mL de agua destilada en la celda del equipo HACH, encerrar el equipo.
- Retirar la celda y colocar en otra celda 25mL de la muestra filtrada
- Hacer la lectura de la muestra, anotar el resultado expresado en Unidades Platino Cobalto (U Pt-Co).²⁵

2.1.2.2.4. Determinación de Turbidez

Se determinó mediante el método Nefelométrico con el Turbidímetro HACH modelo 2100P para la determinación de la turbidez.

Procedimiento:

- Una vez obtenida la muestra de agua proceder a colocar una cantidad en la celda limpia del Turbidímetro hasta la marca de la celda.
- Colocar la celda en el turbidímetro, cerrarlo, hacer la lectura
- Anotar la lectura expresado en unidades Nefelométricas (NTU).²⁶

²⁵ HACH. *Manual de procedimiento del equipo DR/890*. Pg. 79 , 120.

²⁶ HACH. *Manual de procedimientos del Turbidímetro Portátil modelo 2100P*, 8^{ava}. Edición , EEUU, 2004,pg 20-21

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

2.1.2.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

Las muestras recolectadas en frascos estériles de tapa rosca, fueron transportadas en recipiente Cooler a 4°C, siguiendo las recomendaciones de los SMEWW de la APHA para la determinación de los siguientes parámetros en el laboratorio:

2.1.2.3.1 NUMERACIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y FECALIS (NMP)

La técnica consistió en utilizar como medio cultivo, Caldo LMX Fluorocult modificado según MANAFI y OSSMER, distribuido en una serie de 10 tubos de vidrio con tapa rosca para inóculos de 10 mL de la muestra.

Luego de inoculada la muestra, se incubó en estufa a 35°C por 24 horas, considerándose como tubos positivos para *Coliformes totales*, aquellos que presentaron cambio de coloración de amarillo claro a verde-azulado.

A los tubos positivos se añadió dos a tres gotas del reactivo de Kovacs, tomando como prueba positiva para *Coliformes fecales (E.coli)*, aquellos en cuya superficie presentó un anillo de color rosado a rojo.

Luego se realizó la lectura del Número Más Probable (NMP) en la tabla correspondiente (Tabla N° 1), para estimar el resultado en valores de NMP/100 mL de *Coliformes totales* y NMP/100mL de *Coliformes fecales*.¹⁰

N° de tubos que presentan reacción positiva, a partir de 10 tubos de 10 mL	Índice de NMP/100mL	Límites de confianza en el 95%	
		Inferior	Superior
0	< 1,1	0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	> 23	13,5	Infinito

Tabla N° 1. Índice de NMP y Límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean 10 porciones de 10 mL.

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 9-90

Autores:

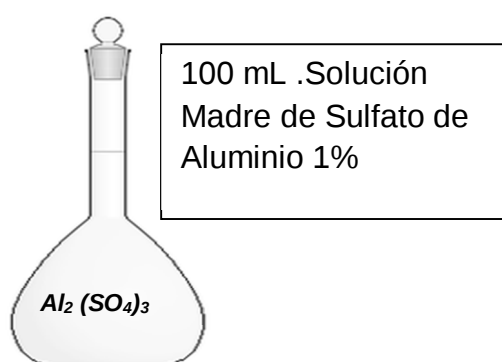
José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

2.1.2.4 PRUEBA DE JARRAS

Preparación de la solución patrón.

En la planta de tratamiento se trabajó con Sulfato de Aluminio tipo A al 1%, para ello:

$$\begin{array}{rcl}
 1\text{g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 & \times & 100\text{ mL} \\
 \text{X} & & 1\text{ mL}
 \end{array}
 \quad
 1\text{mL} = 0,01\text{ g } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 10\text{mg } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$$



Luego, al tomar 1 mL, 2 mL, 3 mL, 4 mL, 5 mL y 6 mL de la Solución madre, para la prueba de jarras, tenemos:

<i>Alícuotas</i>	<i>Agua Cruda Equipo</i>	<i>ppm $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$</i>
1mL (10mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 10 ppm
2mL (20mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 20 ppm
3mL (30mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 30 ppm
4mL (40mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 40 ppm
5mL (50mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 50 ppm
6mL (60mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	→ 1000 mL agua cruda	= 60 ppm

Nota: Realizar el mismo procedimiento para determinar la dosis óptima de Polímero (PRAESTOL), el cual trabaja a una concentración de 0,01%; y es agregado 10 minutos después de iniciada la mezcla lenta.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



Una vez programado el Equipo de Jarras a las condiciones de la planta, es decir: *Mezcla rápida*=250 rpm/30 seg; *Mezcla Lenta*=35 rpm/30 min; y *Reposo*= 5 rpm/20 min, se determina la dosis óptima de los reactivos (Sulfato de aluminio y Polímero). En nuestro caso fue de 10 ppm $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ 1%. Y 0,05 ppm de Polímero, para un agua cruda de Turbiedad= 15(NTU), Color= 84 U Pt-Co y pH= 7,4 U pH.

Los resultados obtenidos con estas concentraciones de reactivos fueron de:

Color = 1 U Pt-Co

Turbidez = 0 NTU

pH = 7,1 U pH.

Una vez realizado todo este procedimiento, las dosis óptimas encontradas se transportan a planta de la siguiente manera:

Caudal de la Planta = 30 L/ seg.

$$\begin{array}{rcl} \text{Dosis óptima de } \text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 = 10 \text{ ppm} & \text{ó} & 10\text{mg} \times \frac{1 \text{ L}}{30\text{L}} \\ & & X \\ & & X = 300\text{mg}/30\text{L-seg.} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} 300 \text{ mg} & \times & 1 \text{ seg.} \\ X & & 15 \text{ seg. (Ejemplo)} \end{array}$$

X = 4500 mg/15 seg; que equivale a: 450 mL de $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ 1% (1ml Sol.Madre = 10mg $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$ 1%). Para un caudal de 30L/seg y un agua cruda de Turbidez = 15(NTU), Color = 84 U Pt-Co.

Nota: Se realizan los mismos cálculos para la Dosis óptima de Polímero 0,01%. La dosis óptima de polímero para una turbidez de 15 NTU y color de 84 U Pt-Co fue de 0,05 ppm.

- Se realiza todo este procedimiento con diferentes datos de Turbidez del agua cruda que llega a la planta de tratamiento, hasta conseguir graficar una **curva de calibración**, que nos facilitará determinar rápidamente las dosis óptimas de los reactivos mediante interpolación. (Ver anexo 3).

3. RESULTADOS.

De los datos obtenidos del análisis de las distintas muestras tanto de agua cruda, tratada, como de inmuebles se elaboraron tablas de resultados resumidas (tablas 1-6), y tablas de resultados para análisis estadísticos (tablas estadísticas 1-6), además la representación gráfica en relación a los niveles permisibles, mínimos y máximos tolerables (gráficos 1-18), obteniendo los resultados descritos a continuación:

3.1 PLANTA DE TRATAMIENTO.

3.1.1 AGUA CRUDA

- En los resultados de **Color real** para agua cruda el dato más bajo fue de 36 U Pt-Co, mientras que el más alto registrado fue de 190 U Pt-Co, (Gráfico N°4 y Tabla estadística N°4)
- En la **turbidez** del agua cruda, el 8,3% de las muestras presentó un valor inferior a 5 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (NTU), mientras que la diferencia (91,7%), oscilo con valores superiores hasta un máximo de 49 (NTU). (Gráfico N°7 y Tabla estadística N°5)
- En cuanto al análisis de **pH** el 100% de las muestras oscilaron con valores entre 7,3 y 7,4 U pH. (Gráfico N°10 y Tabla estadística N°6)
- Del total del análisis de las muestras, de agua cruda, se encontró contaminación **microbiológica** en la totalidad de las muestras, es decir existió 100% de contaminación por *Coliformes Totales y Fecales*. (Gráfico N°13 y 14) y Tabla estadística N° 1 y 2)

3.1.2 AGUA TRATADA

- Con relación al análisis de la concentración de **Cloro Libre Residual** (mg/L) el 100% de las muestras estuvieron dentro del rango entre 0,3 – 1,5 mg/L. (Gráfico N°1 y Tabla estadística N°3)



- En los resultados de **Color real** para agua tratada en Planta el 100 % de las muestras están fuera del límite máximo permitido (15 U Pt-Co). El dato más bajo fue de 25 U Pt-Co, mientras que el más alto registrado fue de 89 U Pt-Co. (Gráfico N°4 y Tabla estadística N°4)
- En la **turbidez** del agua tratada, el 8.3% de las muestras presentó un valor dentro de el límite permitido (5 NTU), el 66.6 %, oscilo con valores entre 6 y 14 NTU; y los restantes 25.1 % entre 28 hasta un máximo de 48 (NTU). (Gráfico N°7 y Tabla estadística N°5)
- En cuanto al análisis de **pH** el 100% de las muestras estuvo dentro del rango de 6.5 – 8.5 U-pH oscilando con valores entre 7.3 y 7.4 U-pH. (Gráfico N°10 y Tabla estadística N°6)
- En el análisis microbiológico de las muestras de agua tratada en planta, se encontró una idoneidad del 95.84%, mientras que un 4.16% presentó un índice de 2.2 NMP/100mL. (Gráfico N°13 y 14 y Tabla estadística N° 1 y 2)

3.2 AGUA DE INMUEBLES

- o Con relación al análisis de la concentración de **Cloro Libre Residual** (mg/L) el 91.6% se encuentran dentro de los límites permisibles (0.3 – 1.5 mg/L), mientras que 8.4%, de las muestras estuvieron por debajo del 0.3 mg/L. (Gráfico N° 2 y 3 y Tabla estadística N°3)
- o En los resultados de **Color real** para agua de Inmuebles, solamente el 5 % de las muestras están dentro del límite máximo permitido (15 U Pt-Co). El resto de muestras, es decir el 95%, se encuentran por encima del valor máximo permitido, presentando un valor que va desde 27 hasta 97 U Pt-Co. (Gráfico N° 5 y 6 y Tabla estadística N° 4)



- o En los resultados de **Turbidez** para agua de Inmuebles, solamente el 5 % de las muestras están dentro del límite máximo permitido (5 NTU). El resto de muestras, es decir el 95%, se encuentran por encima del valor máximo permitido, presentando valores que van desde 7 hasta 68 NTU. (Gráfico N° 8 y 9 y Tabla estadística N° 5)

- o En cuanto al análisis de **pH** de agua de Inmuebles, el 100% de las muestras estuvo dentro del rango permitido de 6.5 – 8.5 U-pH usualmente con valores entre 7.2 y 7.4 U pH. (Gráfico N° 11 y 12 y Tabla estadística N° 6)

- o En el análisis **microbiológico** de las muestras de agua de inmuebles, se encontró un 89.2% de muestras con un índice de *Coliformes Totales* y *Fecales (E.coli)* < 1,1 NMP/100 mL, es decir cumplen con la norma INEN 1108; mientras que un 10.8% presentó un índice de 2.2 NMP/100mL, es decir no cumplen la norma INEN 1108. (Gráfico N° 15-18 y Tabla estadística N° 1 y 2)

3.3 TABLAS DE RESULTADOS.

Tabla N° 1. Resultados de Cloro Libre Residual (mg/L), en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

CLORO (mg/L)										
FECHA	PLANTA	SANTA ISABEL						Santa Ana	Limón	
	AT	Z1 (Z. Alta)	Z2 (Z. Media)		Z3 (Z. Baja)					
			M1	M2	M1	M2				
03/04/2012	0,74	0,62	0,71	Días no	0,62	Días no	0,34	0,36		
	0,74	0,62	0,71	muestreados	0,62	muestreados	0,34	0,35		
05/04/2012	1,26	1,21	1,1	muestreados	1,04	muestreados	0,94	0,84		
	1,26	1,21	1,1	en esta zona	1,04	en esta zona	0,93	0,84		
10/04/2012	0,9	1,17	0,79	0,94	0,8	0,94	Días no	Días no		
	0,9	1,17	0,79	0,94	0,8	0,94	muestreados	muestreados		
12/04/2012	0,48	0,59	0,56	0,59	0,37	0,37	muestreados	muestreados		
	0,48	0,59	0,56	0,59	0,37	0,37	en este sector	en este sector		
17/04/2012	0,48	0,29	0,29	Días no	0,27	Días no	0,3	0,3		
	0,48	0,29	0,29	muestreados	0,27	muestreados	0,32	0,3		
19/04/2012	0,66	1,18	0,41	muestreados	0,54	muestreados	0,44	0,34		
	0,66	1,18	0,41	en esta zona	0,54	en esta zona	0,44	0,34		
24/04/2012	0,43	0,54	0,4	0,46	0,29	0,39	Días no	Días no		
	0,43	0,54	0,4	0,46	0,29	0,39	muestreados	muestreados		
26/04/2012	0,87	0,74	1,07	0,36	0,51	0,84	muestreados	muestreados		
	0,87	0,74	1,07	0,36	0,51	0,84	en este sector	en este sector		
01/05/2012	0,65	0,38	0,25	Días no	0,31	Días no	0,5	0,49		
	0,65	0,38	0,25	muestreados	0,31	muestreados	0,5	0,49		
03/05/2012	0,92	0,9	0,53	muestreados	0,58	muestreados	0,54	0,48		
	0,92	0,9	0,53	en esta zona	0,58	en esta zona	0,54	0,48		
08/05/2012	0,95	0,69	0,57	0,66	0,59	0,53	Días no	Días no		
	0,95	0,69	0,57	0,66	0,59	0,53	muestreados	muestreados		
10/05/2012	1,2	0,92	1,01	1,18	0,75	0,88	muestreados	muestreados		
	1,2	0,92	1,01	1,18	0,75	0,88	en este sector	en este sector		

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

Tabla N° 2. Resultados de Color en U Pt-Co, en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

Color (U Pt-Co)											
FECHA	PLANTA		SANTA ISABEL						Santa Ana	Limón	
	AC	AT	Z1 (Z. Alta)	Z2 (Z. Media)	Z3 (Z. Baja)	M1	M2				
03/04/2012	190	89	79	Días no	Días no	76	M2		97	86	
	186	83	82	muestreados	muestreados	72			95	97	
05/04/2012	86	43	53	78		74			74	75	
	86	43	50	76	en esta zona	76			72	74	
10/04/2012	64	44	43	52	73	70			Días no	Días no	
	65	43	41	54	70	70			muestreados	muestreados	
12/04/2012	156	88	65	76	76	76			en este sector	en este sector	
	153	85	65	76	76	76					
17/04/2012	74	57	78	50	Días no	74			67	62	
	76	57	78	52	muestreados	74			65	62	
19/04/2012	71	62	70	77		57			64	58	
	73	61	70	77	en esta zona	55			62	56	
24/04/2012	65	58	77	66	76	68			Días no	Días no	
	63	56	76	66	76	68			muestreados	muestreados	
26/04/2012	57	56	63	59	66	74			en este sector	en este sector	
	59	53	63	59	66	74					
01/05/2012	52	44	14	8	Días no	14			75	73	
	52	42	14	8		14			74	72	
03/05/2012	58	51	47	44	muestreados	43			58	58	
	60	51	46	44	en esta zona	43			56	58	
08/05/2012	44	27	27	30	40	41			Días no	Días no	
	44	25	27	28	40	40			muestreados	muestreados	
10/05/2012	36	33	41	36	41	41			en este sector	en este sector	
	38	35	41	36	41	42					

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Tabla N° 3. Resultados de TURDIDEZ (NTU), en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

TURDIDEZ (NTU)												
FECHA	PLANTA		SANTA ISABEL								Santa Ana	Limón
	AC	AT	Z1(Z. Alta)		Z2 (Z. Media)		Z3 (Z. Baja)					
			M1	M2	M1	M2	M1	M2				
03/04/2012	32	28	26	31		Días no	30		Días no	52		32
	32	28	26	29		muestreados	30		muestreados	51		32
05/04/2012	3	7	5	10			13			13		7
	3	7	5	11		en esta zona	13		en esta zona	12		8
10/04/2012	46	48	17	41		25	52		62	Días no		Días no
	49	48	17	41		25	49		68			
12/04/2012	40	30	28	26		32	17		27	muestreados		muestreados
	40	30	27	26		32	17		25	en este sector		en este sector
17/04/2012	17	14	13	14		Días no	17		Días no	21		15
	17	14	13	14		muestreados	15		muestreados	21		15
19/04/2012	9	13	10	20			15			15		11
	10	11	10	18		en esta zona	15		en esta zona	15		11
24/04/2012	14	13	20	16		19	43		31	Días no		Días no
	14	13	20	16		18	45		29			
26/04/2012	10	9	13	16		15	38		33	muestreados		muestreados
	12	7	13	15		15	38		33	en este sector		en este sector
01/05/2012	12	7	14	8		Días no	14		Días no	10		16
	12	7	13	8		muestreados	13		muestreados	10		16
03/05/2012	10	9	13	14			12			11		11
	11	9	13	14		en esta zona	12		en esta zona	11		11
08/05/2012	14	6	10	10		7	9		7	Días no		Días no
	15	6	10	10		7	9		7			
10/05/2012	9	2	7	7		8	2		5	muestreados		muestreados
	9	2	7	7		8	2		5	en este sector		en este sector

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Tabla N° 4. Resultados de pH en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

pH														
FECHA	PLANTA		SANTA ISABEL										Santa Ana	Limón
	AC	AT	Z1 (Z. Alta)		Z2 (Z. Media)		Z3 (Z. Baja)							
				M1	M2	M1	M2	M1	M2					
03/04/2012	7,3	7,4	7,3	7,3	Días no	7,3	Días no	7,3	Días no	7,4	7,4	7,4		
	7,3	7,4	7,3	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,4	7,4	7,4		
05/04/2012	7,3	7,4	7,3	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,3	7,3	7,4		
	7,3	7,4	7,3	7,3		7,3		7,3		7,3	7,3	7,4		
10/04/2012	7,3	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	Días no	Días no	Días no		
	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	muestreados	muestreados	muestreados		
12/04/2012	7,3	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	en este	en este	en este		
	7,3	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	sector	sector	sector		
17/04/2012	7,4	7,3	7,3	7,3	Días no	7,3	Días no	7,3	Días no	7,3	7,3	7,3		
	7,4	7,3	7,3	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,3	7,3	7,3		
19/04/2012	7,4	7,4	7,3	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,4	7,4	7,3		
	7,4	7,4	7,3	7,3		7,3		7,3		7,4	7,4	7,3		
24/04/2012	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	Días no	Días no	Días no		
	7,4	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	muestreados	muestreados	muestreados		
26/04/2012	7,4	7,4	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	en este	en este	en este		
	7,4	7,4	7,3	7,3	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	sector	sector	sector		
01/05/2012	7,4	7,3	7,3	7,3	Días no	7,3	Días no	7,3	Días no	7,4	7,4	7,4		
	7,4	7,3	7,3	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,3	muestreados	7,4	7,4	7,4		
03/05/2012	7,4	7,3	7,3	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,3	en esta zona	7,3	7,3	7,4		
	7,4	7,3	7,3	7,3		7,3		7,3		7,3	7,3	7,4		
08/05/2012	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,4	7,4	Días no	Días no	Días no		
	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,4	7,4	muestreados	muestreados	muestreados		
10/05/2012	7,4	7,4	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,3	en este	en este	en este		
	7,4	7,4	7,4	7,3	7,4	7,3	7,4	7,3	7,3	sector	sector	sector		

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Tabla N° 5. Resultados del Análisis Microbiológico para Coliformes Totales (NMP/100 mL) en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

TABLA DE RESULTADOS DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100 mL)											
FECHA	PLANTA		SANTA ISABEL				Z3 (Z. Baja)	Santa Ana	Limón		
	Cruda	Tratada	Z1 (Z. Alta)	M1	M2	Z2 (Z. Media)	M1	M2			
03/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
05/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
10/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
12/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
17/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
19/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
24/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
26/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
01/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
03/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
08/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1
10/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Tabla N° 6. Resultados del Análisis Microbiológico para Coliformes Fecales (NMP/100 mL) en PLANTA, CENTRO CANTONAL, SANTA ANA DE LACAY Y LIMÓN, con sus respectivas fechas.

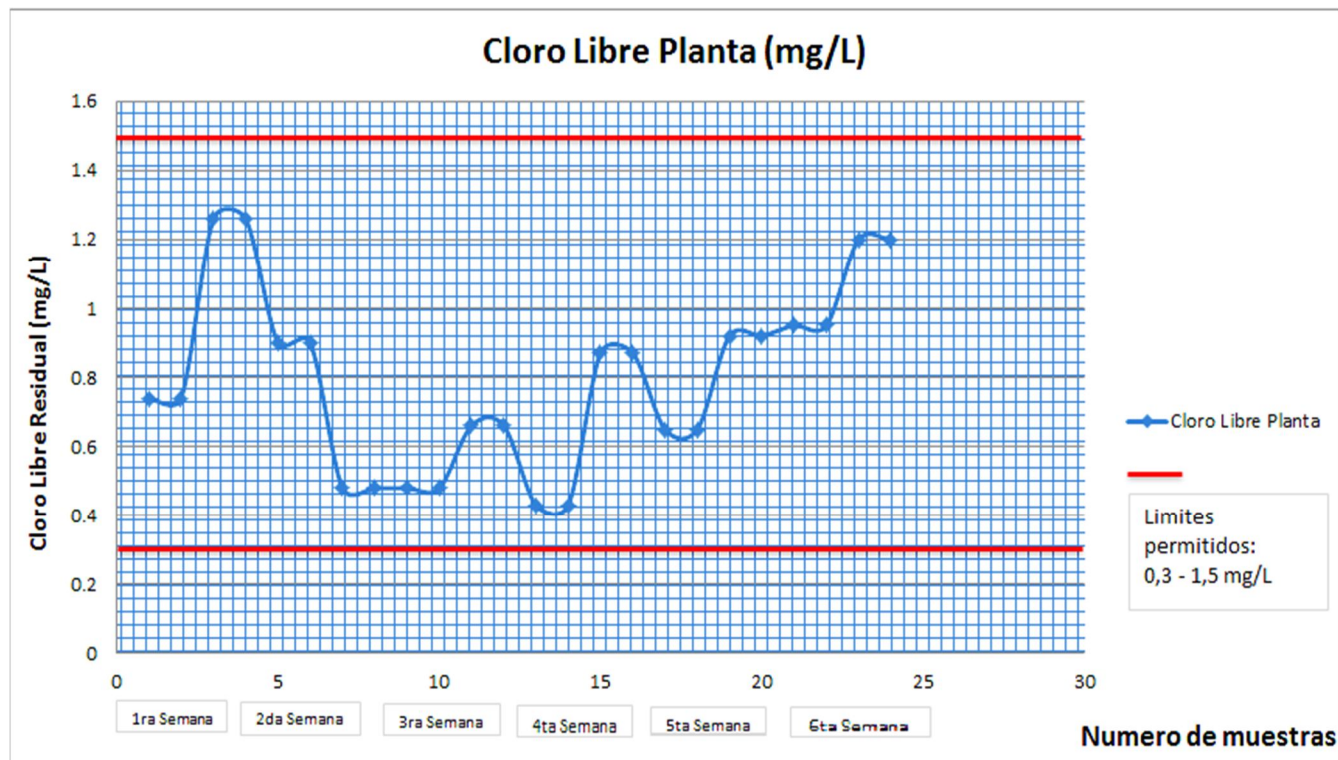
TABLA DE RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES (NMP/100 mL)										
FECHA	PLANTA		SANTA ISABEL				SANTA ANA		LIMÓN	
	Cruda	Tratada	Z1 (Z. Alta)	Z2 (Z. Media)		Z3 (Z. Baja)				
			M1	M2	M1	M2				
03/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	Días no muestreados	Días no muestreados	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
05/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
10/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
12/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
17/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
19/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
24/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
26/04/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
01/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
03/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
08/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1
10/05/2012	> 23	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1	< 1,1

Autores:

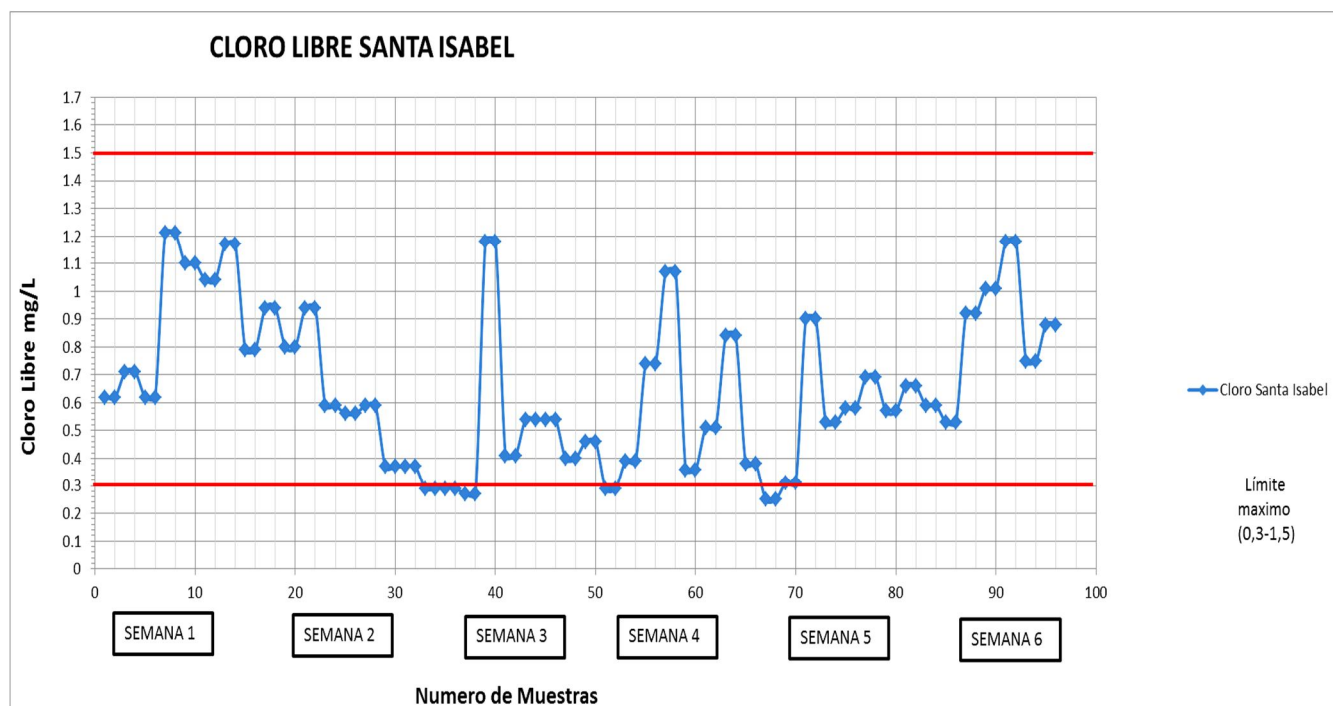
José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

3.4 GRÁFICOS ESTADÍSTICOS DE DATOS RELACIONADOS CON LOS NIVELES MÁXIMOS Y MÍNIMOS PERMISIBLES según NTE INEN 1108:2011

Gráfica N.1. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Cloro Libre Residual** para el Agua Tratada de la Planta de Potabilización Sta. Isabel.



Gráfica N.2. Gráfico en dispersión lineal para los resultados de *cloro libre residual* en el centro cantonal.

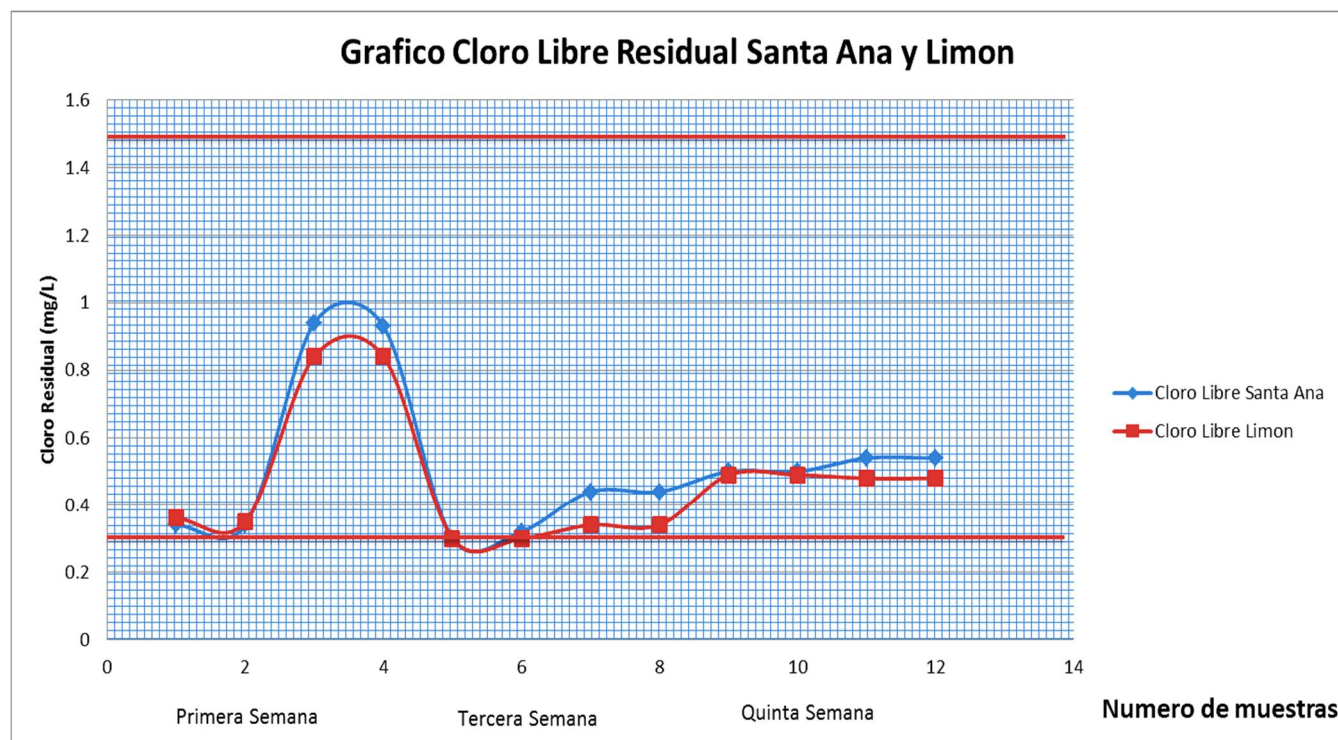


Autores:

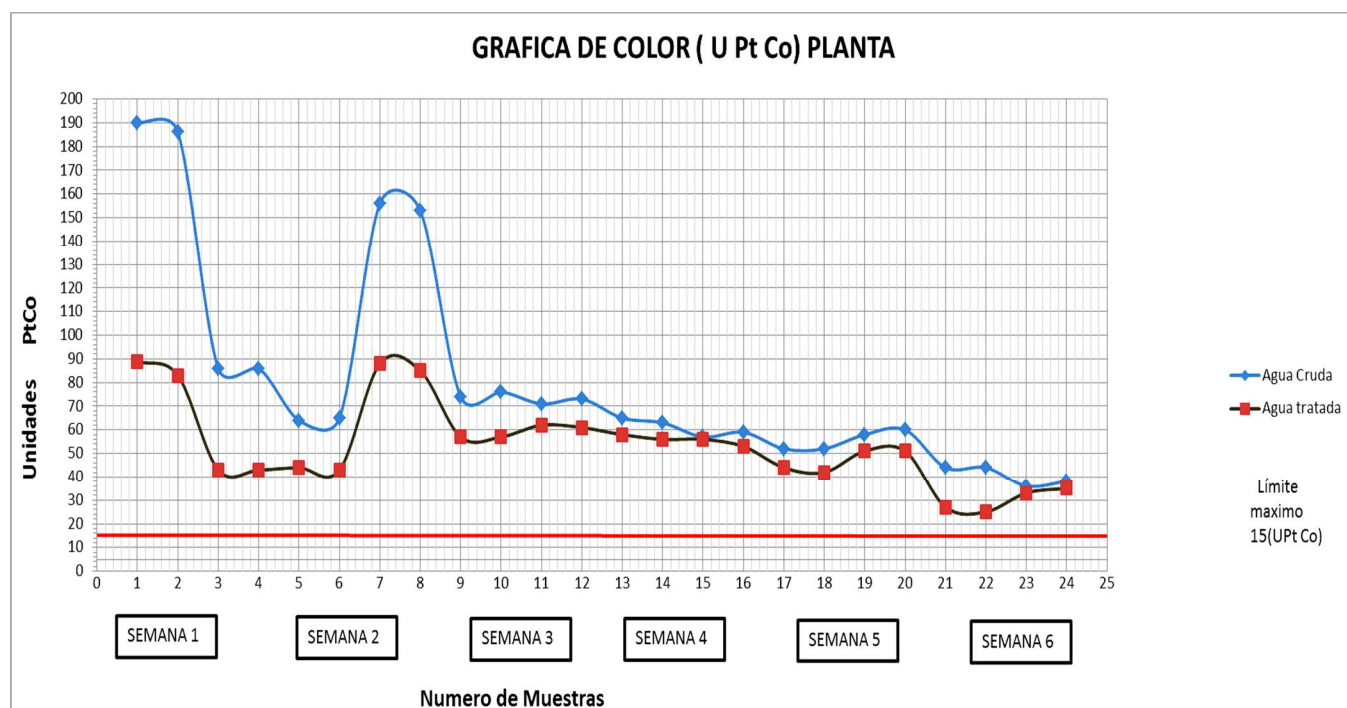
José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N.3. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Cloro Libre Residual** en las zonas de Santa Ana de Lacay y Limón.



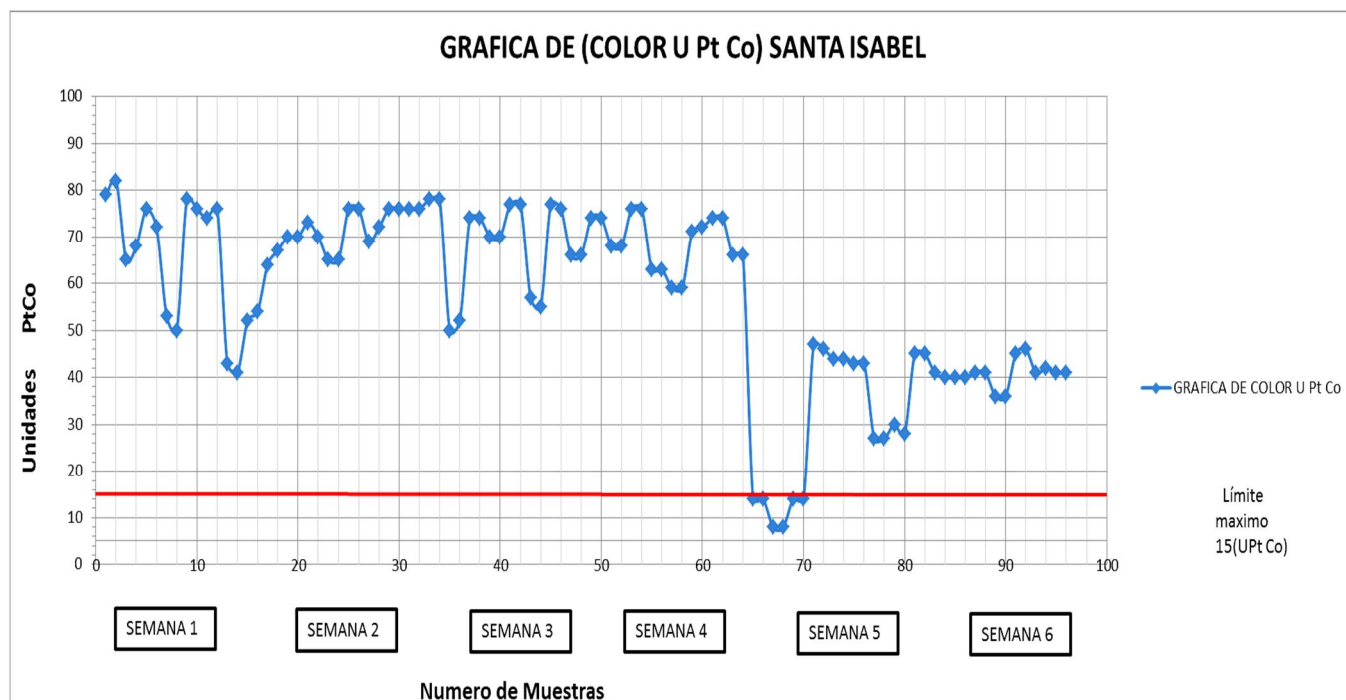
Gráfica N.4. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Color** para el Agua Tratada y Cruda de la Planta de Potabilización.



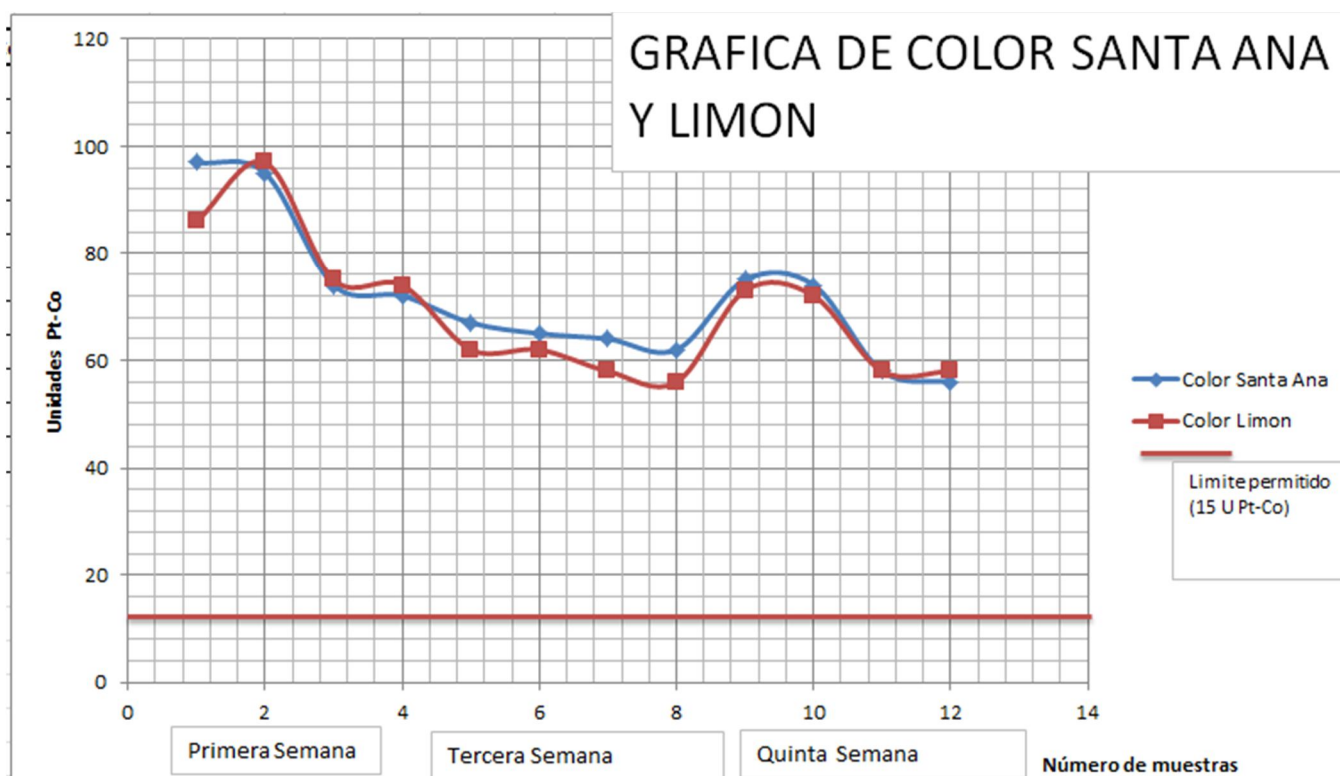
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N.5. Gráfico en dispersión lineal para los resultados de **Color** en el centro Cantonal de Sta. Isabel.



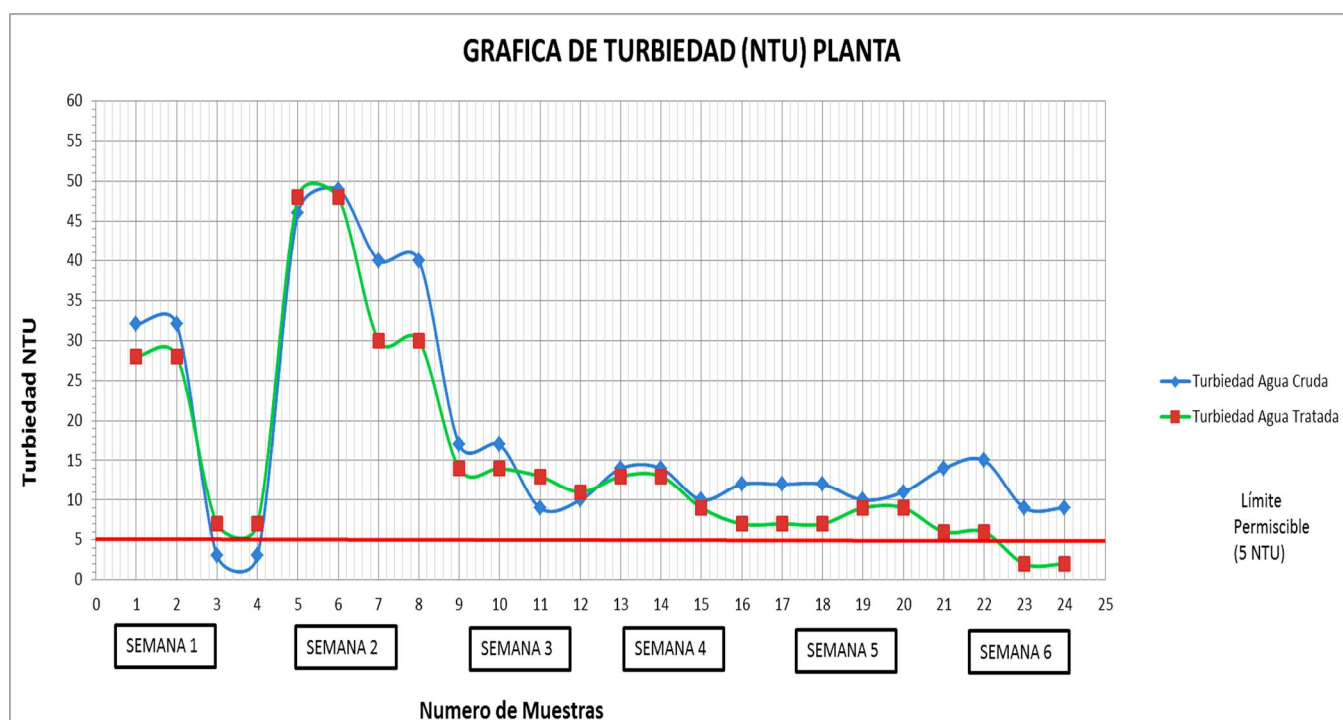
Gráfica N.6. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Color** en las zonas de Santa Ana de Lacay y Limón.



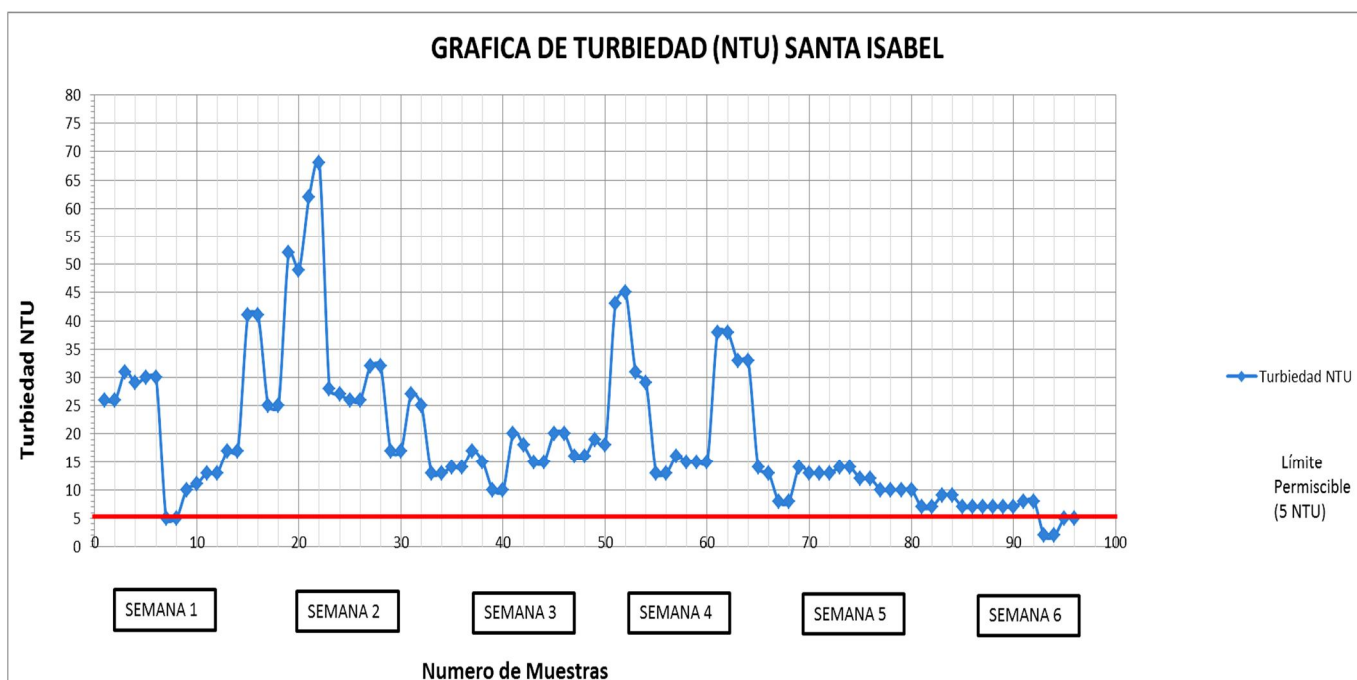
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N.7. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Turbidez** para el Agua Tratada y Cruda de la Planta de Potabilización.



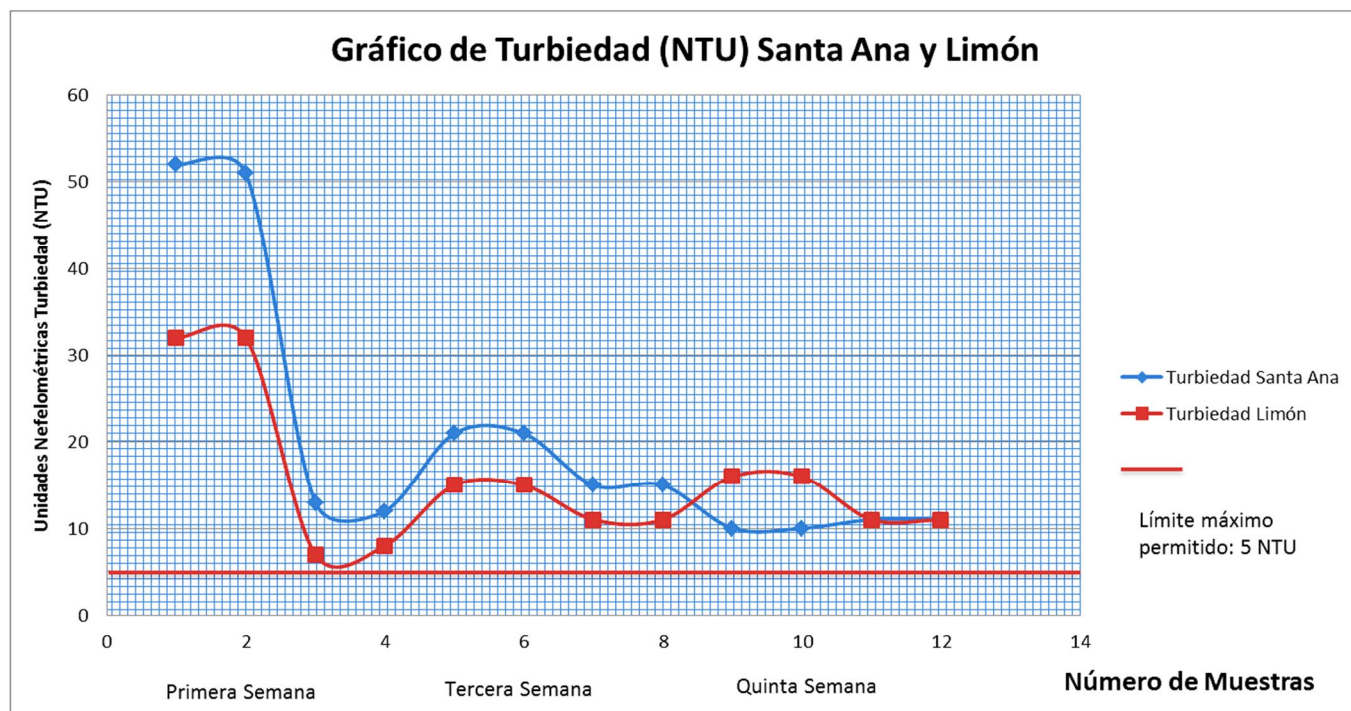
Gráfica N.8. Gráfico en dispersión lineal para los resultados de Turbidez en la Zona de Santa Isabel.



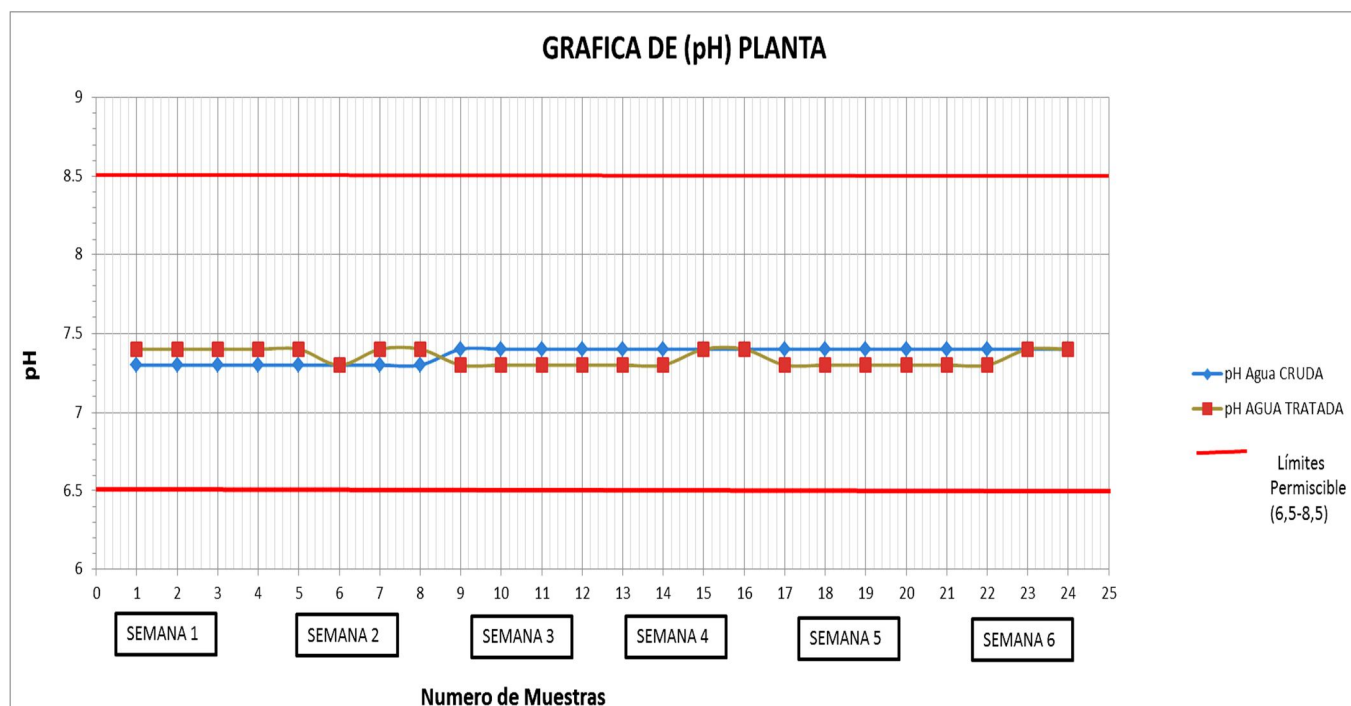
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N.9. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Turbidez** en las zonas de Santa Ana de Lacay y Limón.



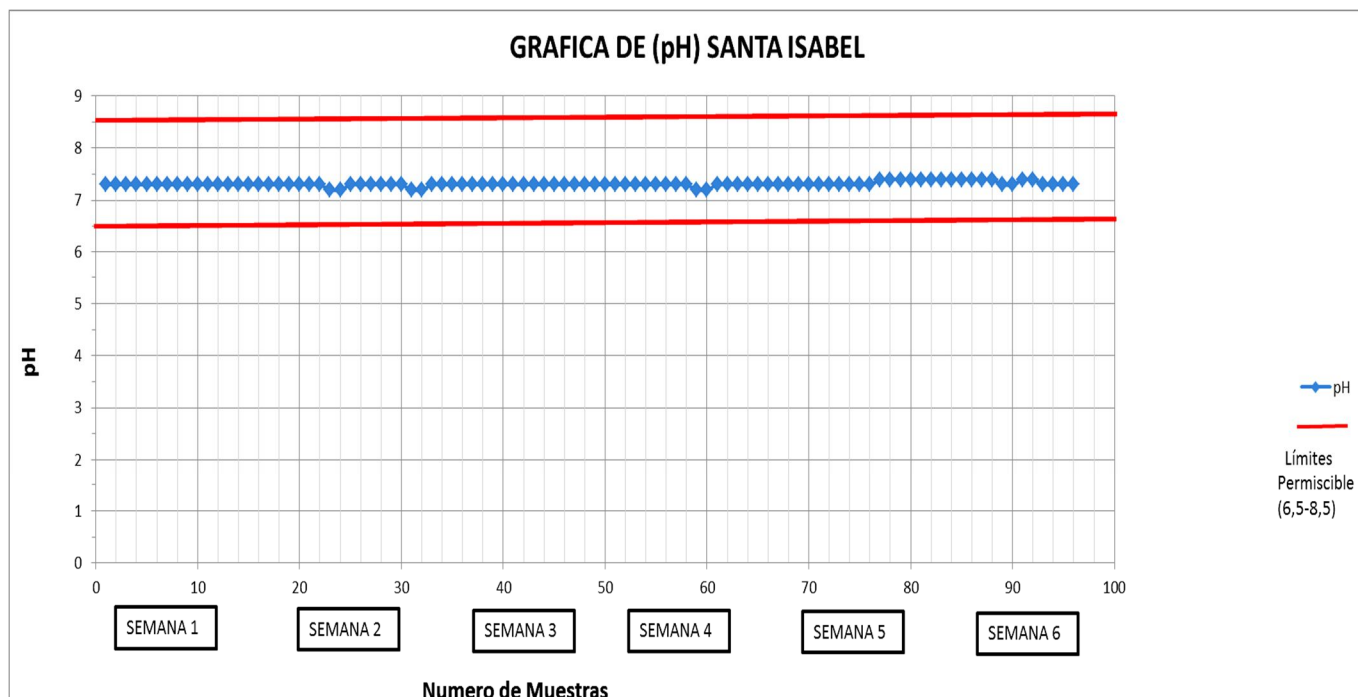
Gráfica N.10. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **pH** para el Agua Tratada y Cruda de la Planta de Potabilización.



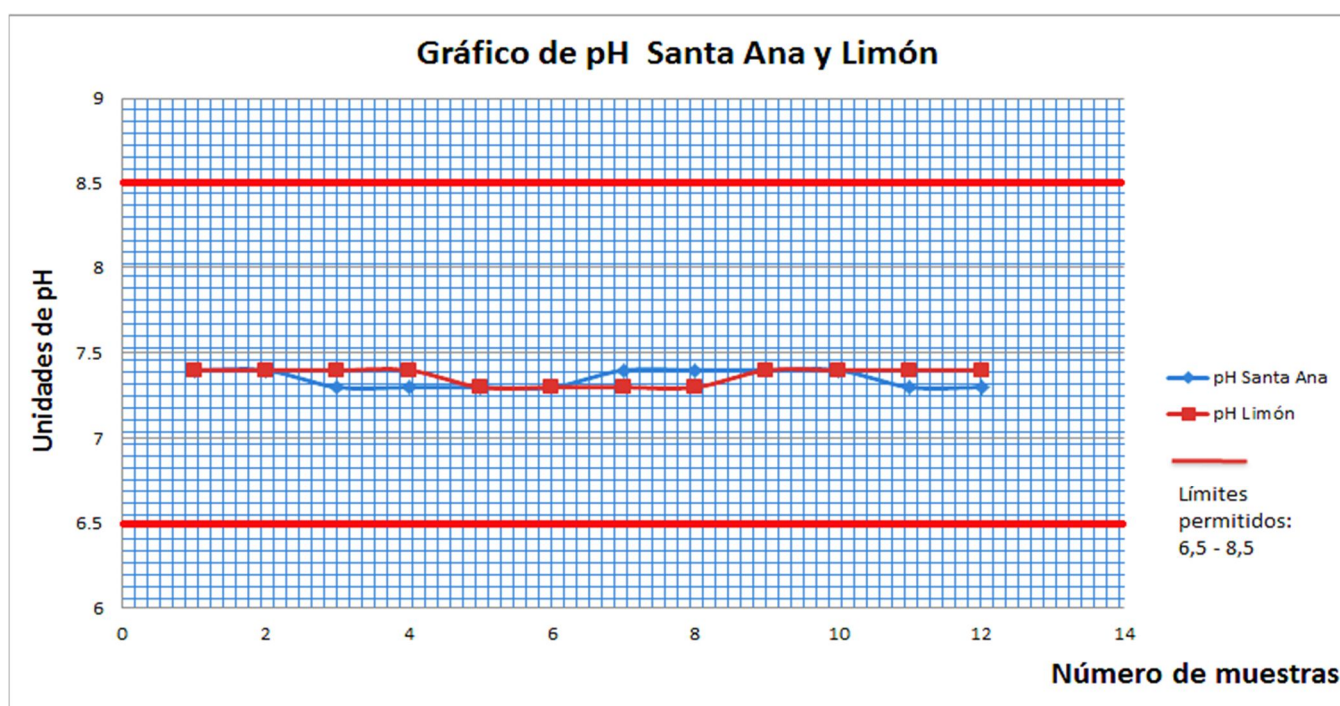
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N° 11. Gráfico en dispersión lineal para los resultados de **pH** en la Zona de Santa Isabel.



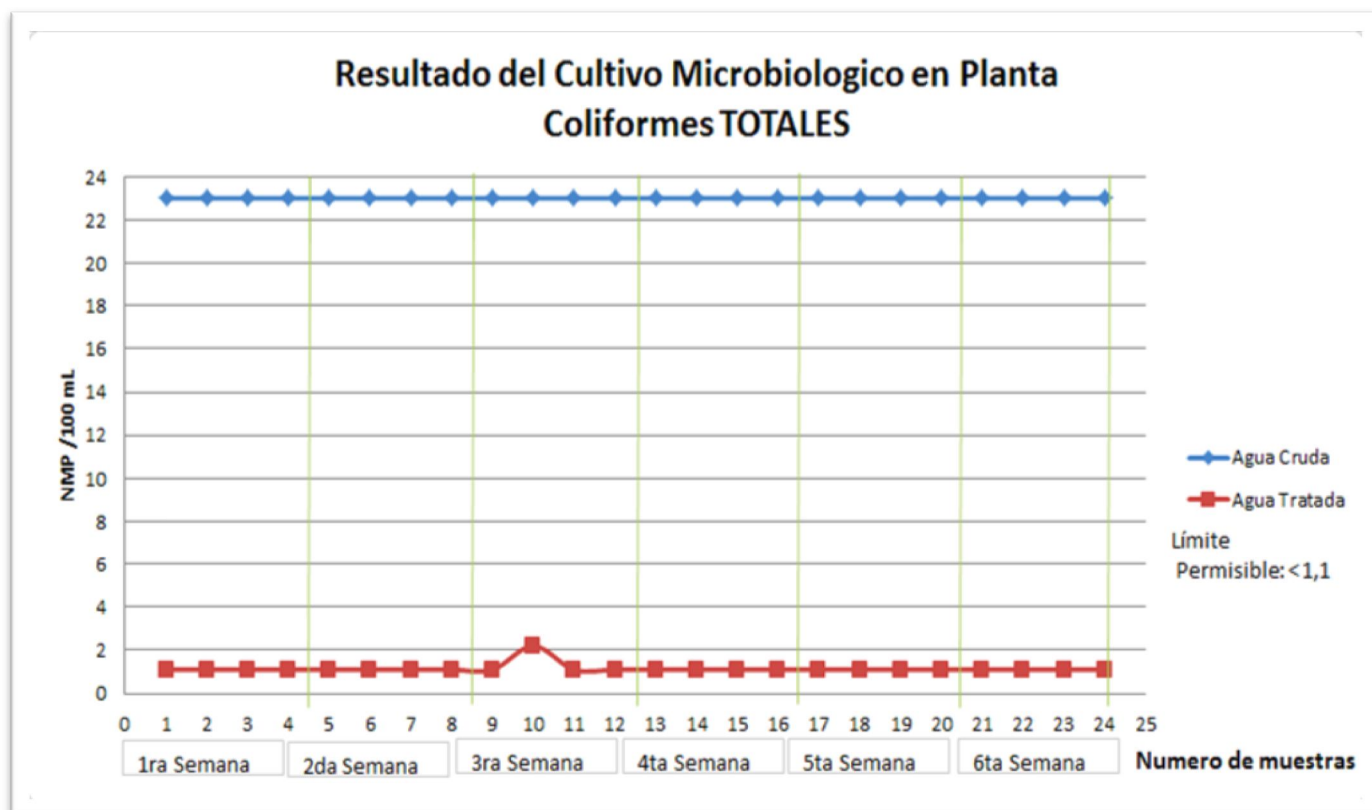
Gráfica N° 12. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **pH** en las zonas de Santa Ana de Lacay y Limón.



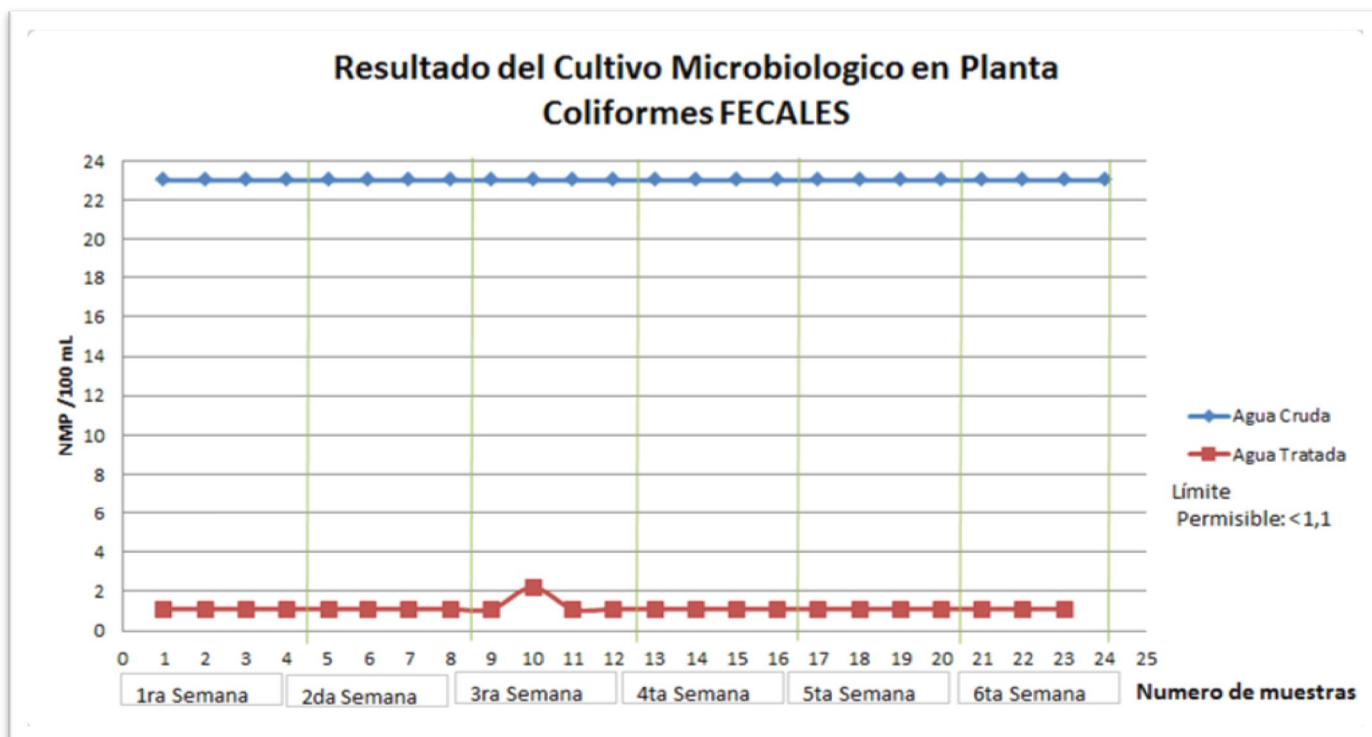
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N° 13. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Microbiológicos de Coliformes Totales** para el Agua Tratada y Cruda de la Planta de Potabilización.



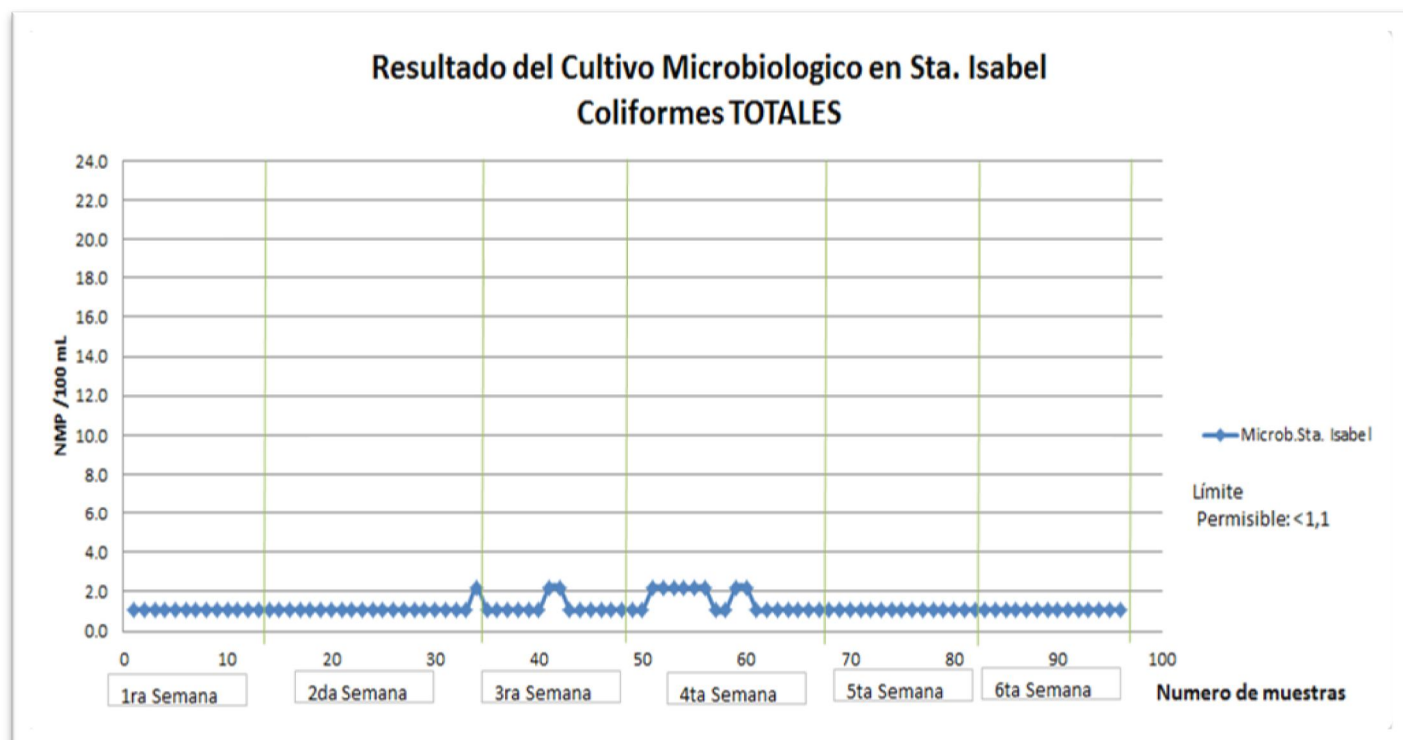
Gráfica N° 14. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Microbiológicos de Coliformes Fecales** (E.coli) para el Agua Tratada y Cruda de la Planta de Potabilización.



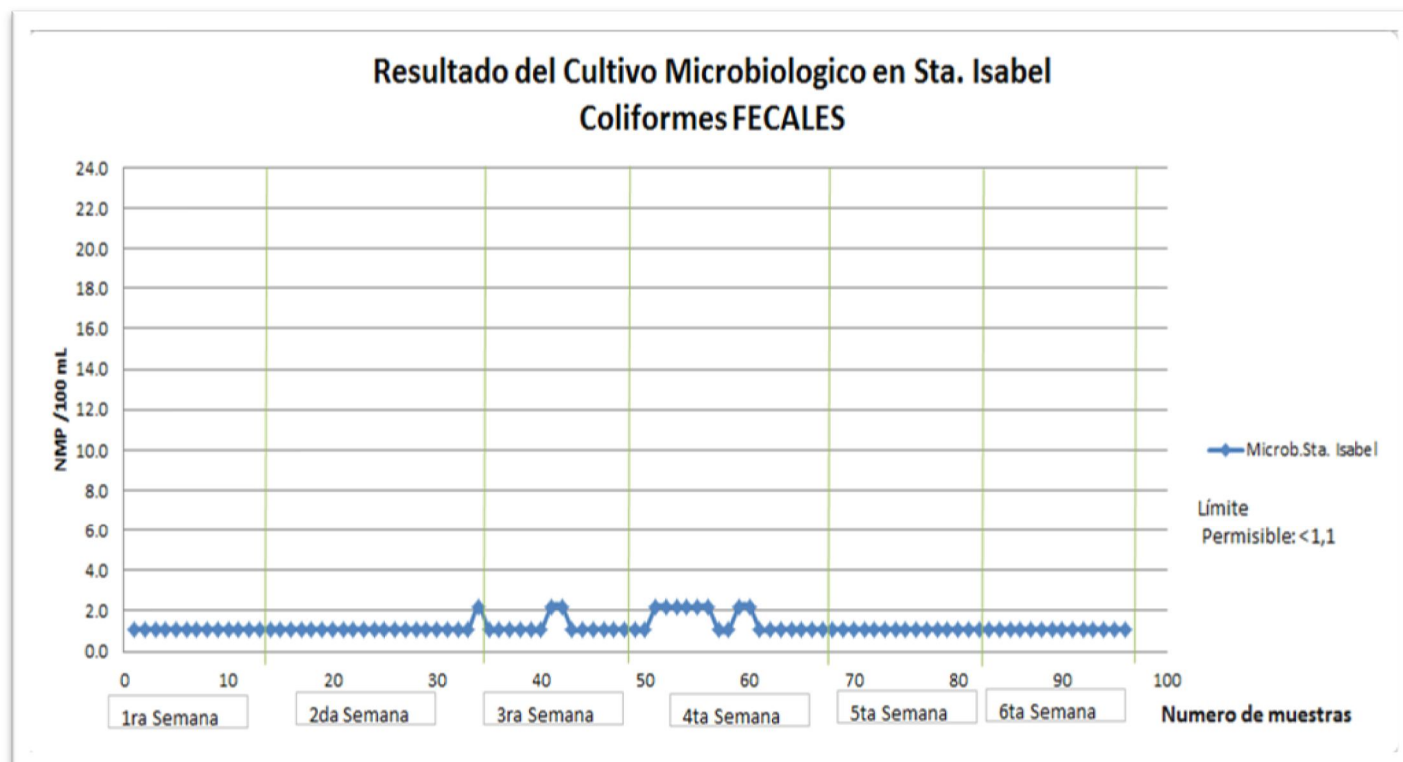
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N° 15. Gráfico en dispersión lineal para los resultados Microbiológicos de **Coliformes Totales** para el sector de Santa Isabel.



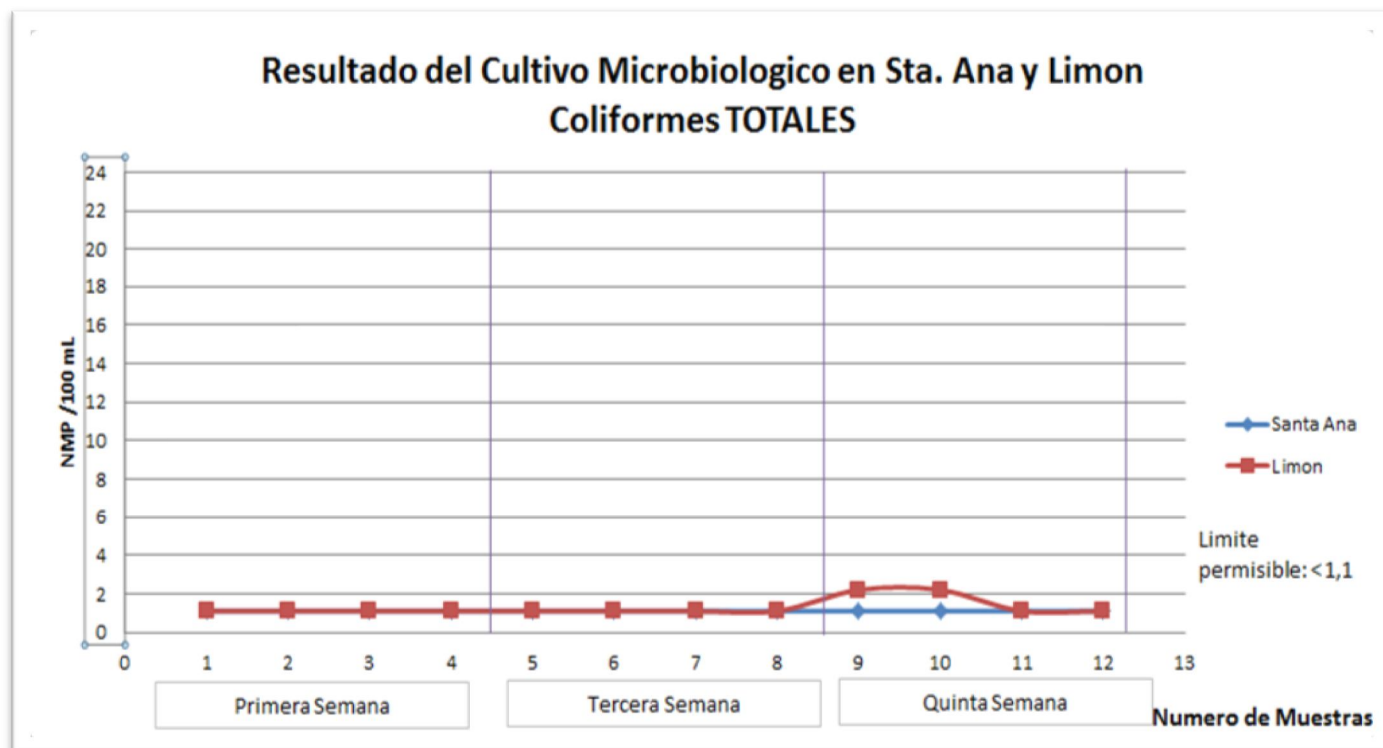
Gráfica N° 16. Gráfico en dispersión lineal para los resultados Microbiológicos de **Coliformes Fecales** (E.coli) para el sector de Santa Isabel.



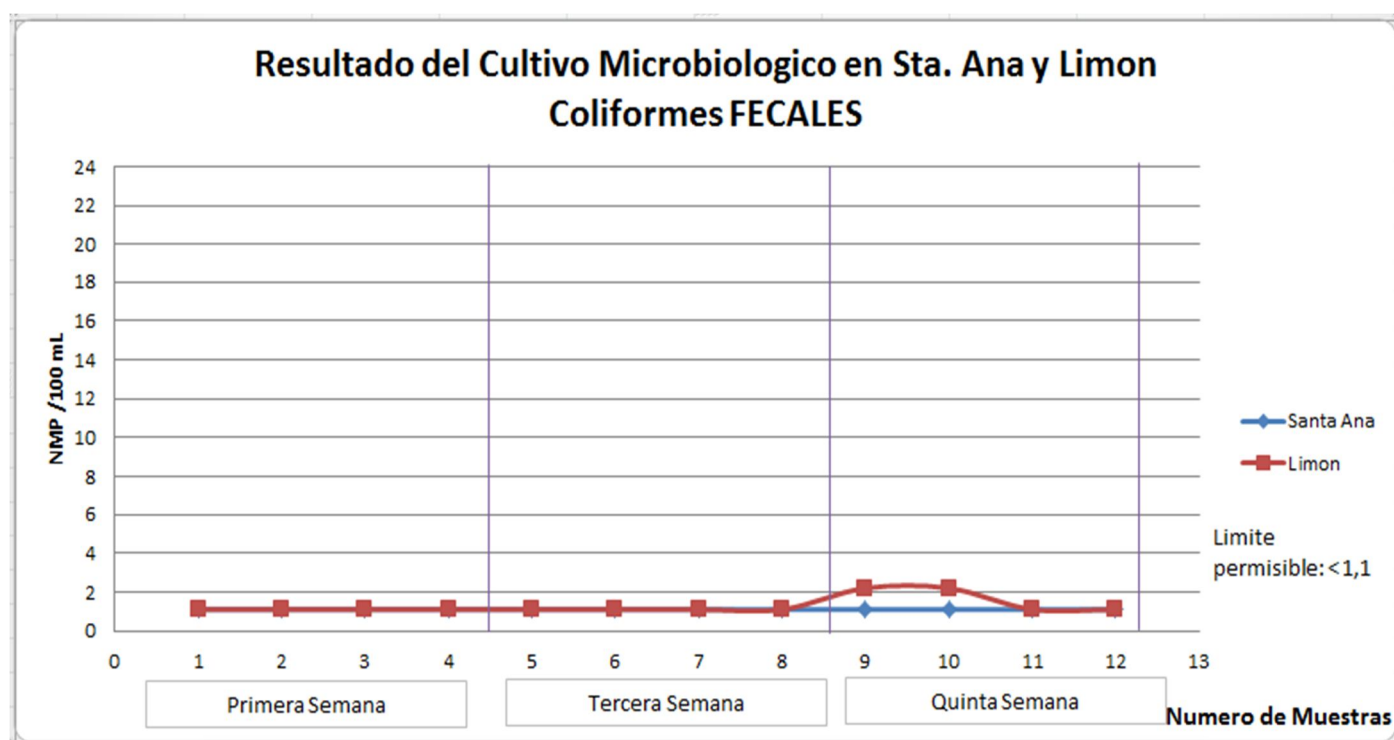
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

Gráfica N° 17. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Microbiológicos de Coliformes Totales** para el sector de Santa Ana de Lacay y Limón.



Gráfica N° 18. Gráfico en dispersión lineal para los resultados **Microbiológicos de Coliformes Fecales (E.coli)** para el sector de Santa Ana de Lacay y Limón.



Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

3.5 TABLAS DE RESULTADOS PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

COLIFORMES TOTALES (NMP/100mL)							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Coliformes Totales NMP/100mL	< 1,1	0	0	23	95,84	107	89,2
	> 1,1	24	100	1	4,16	13	10,8
	TOTAL	24		24		120	

Tabla Estadística N°1: Análisis para *Coliformes Totales*

COLIFORMES FECALES (NMP/100mL)							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Coliformes Fecales NMP/100mL	< 1,1	0	0	23	95,84	107	89,2
	> 1,1	24	100	1	4,16	13	10,8
	TOTAL	24		24		120	

Tabla Estadística N°2: Análisis para *Coliformes Fecales*.

CLORO LIBRE RESIDUAL (mg/L)							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Cloro libre residual mg/L	0.3-1.5	-	-	24	100	110	91.6
	< 0.3	-	-	0	0.0	10	8.4
	TOTAL	-	-	24		120	

Tabla Estadística N°3: Análisis para Cloro Libre Residual

COLOR REAL (U Pt-Co)							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Color Real (U Pt-Co)	>100	4	16.66	0	0	0	0
	15-100	20	83.33	24	100	114	95
	0-15	0	0	0	0	6	5
	TOTAL	24		24		120	

Tabla Estadística N°4: Análisis para Color Real



TURBIEDAD (NTU)							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Turbidez (NTU)	>5	22	91,67	24	100	114	95
	0-5	2	8,33	0	0	6	5
	TOTAL	24		24		120	

Tabla Estadística N°5: Análisis para Turbidez

pH							
Parámetro	Referencia	Agua Cruda		Agua Tratada		Inmuebles	
		Frecuencia	%	Frecuencia	%	Frecuencia	%
pH	>8.5	0	0	0	0	0	0
	6.5-8.5	24	100	24	100	120	100
	<6.5	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	24		24		120	

Tabla Estadística N°6: Análisis para pH.

4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Calidad Microbiológica (*Coliformes totales y fecales*) en inmuebles.

Con respecto a la **Norma INEN 1108:2011**, el agua Potable para abastecimiento proveniente de la Planta de Potabilización de Santa Isabel, se encontró que un 89.2% es apta para su consumo, pero un 10.8% de ésta presenta contaminación fecal que pudiera haberse debido a una mala potabilización debido a que en los siguientes muestreos en las zonas donde se obtuvo positividad ya no se volvió a presentar contaminación.

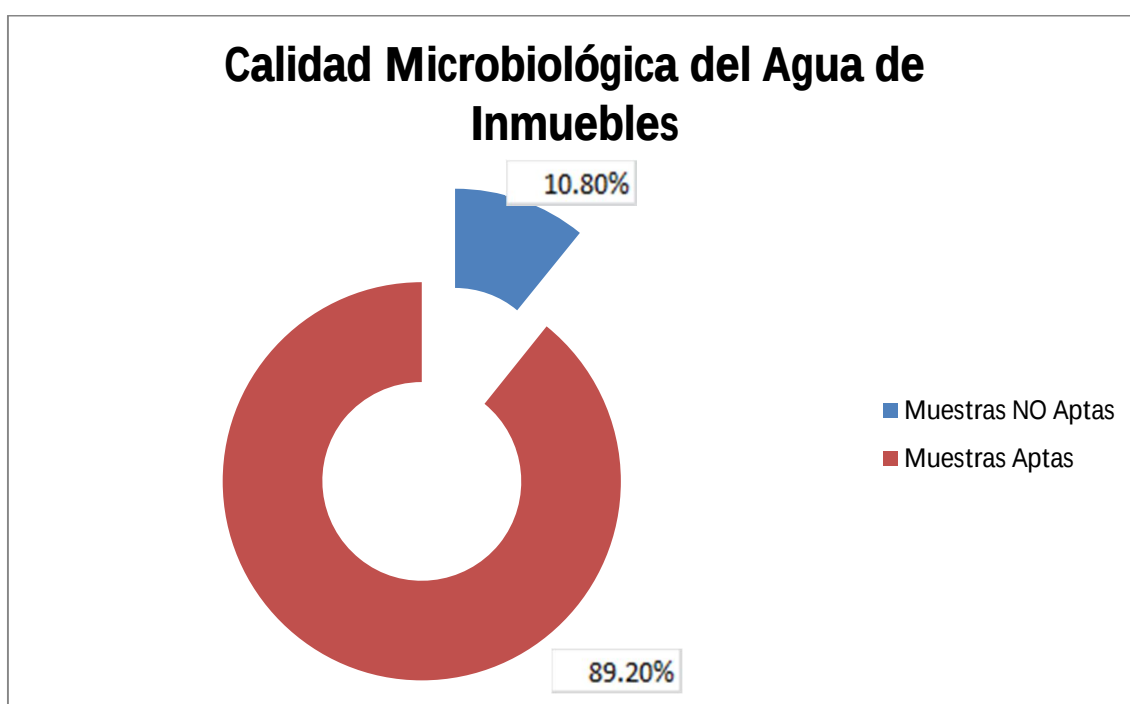


Gráfico Estadístico N°1. Gráfico en porcentaje de muestras aptas y no aptas según la Norma INEN 1108:2011 del muestreo de inmuebles.

Con lo que respecta al agua de la planta se obtuvo que el Agua Cruda tiene 100% de contaminación fecal debida a la gran actividad que existe por parte de ganado ya que la zona de captación del agua es para pastoreo de animales.

Mientras que para el Agua Tratada se obtuvo un 4.16% de contaminación fecal que representa 1 muestra positiva, la cual pudo darse por alguna falla en la cloración del agua debido a la falta de operadores nocturnos.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

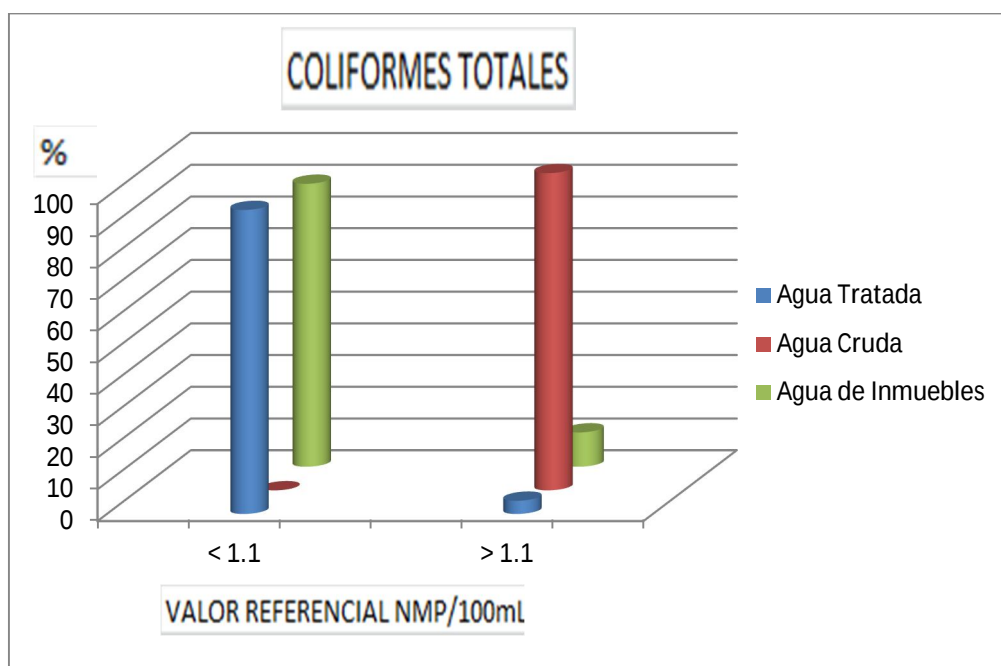


Gráfico Estadístico N°2: Gráfico en Columna Cilíndrica que expresa los porcentajes para *Coliformes Totales*.

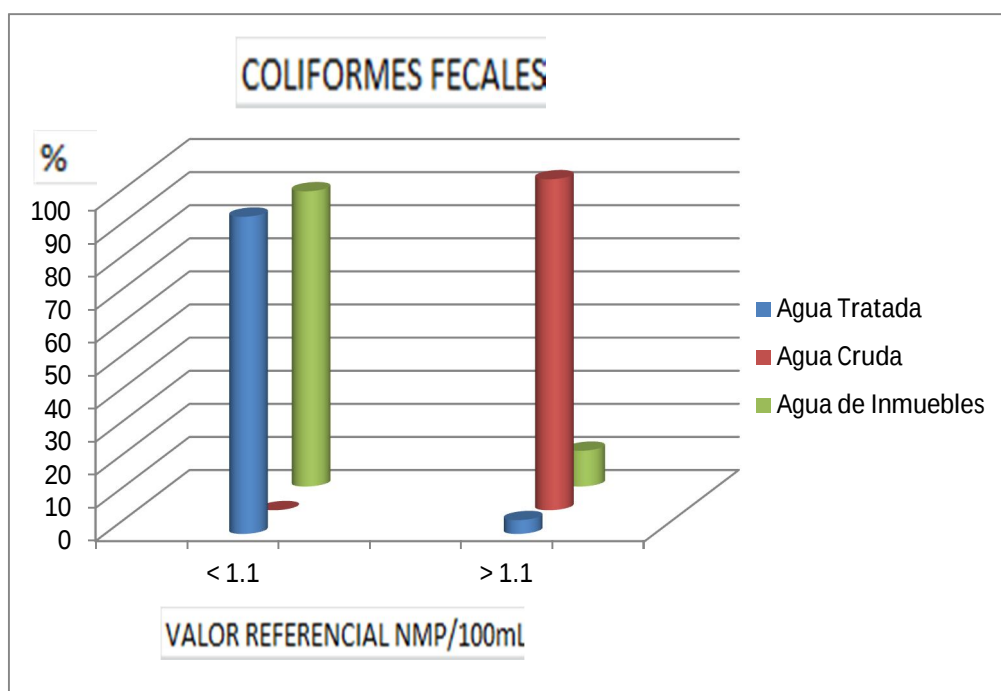


Gráfico Estadístico N°3: Gráfico en Columna Cilíndrica que expresa los porcentajes para *Coliformes Fecales (E.coli)*.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

4.2 Cloro Libre Residual.

- **En Inmuebles:** Se determinó que un 8.4% del total de muestras presenta un nivel inferior al óptimo (0.3 – 1.5 mg/L), debido a que por la falta de operadores hay una deficiente cloración por la noche, por ese motivo en las zonas más alejadas la falta de cloro es mayor que en las zonas cercanas a la planta. El 91.6% de las muestras de la planta se encuentran dentro de los límites permisibles.

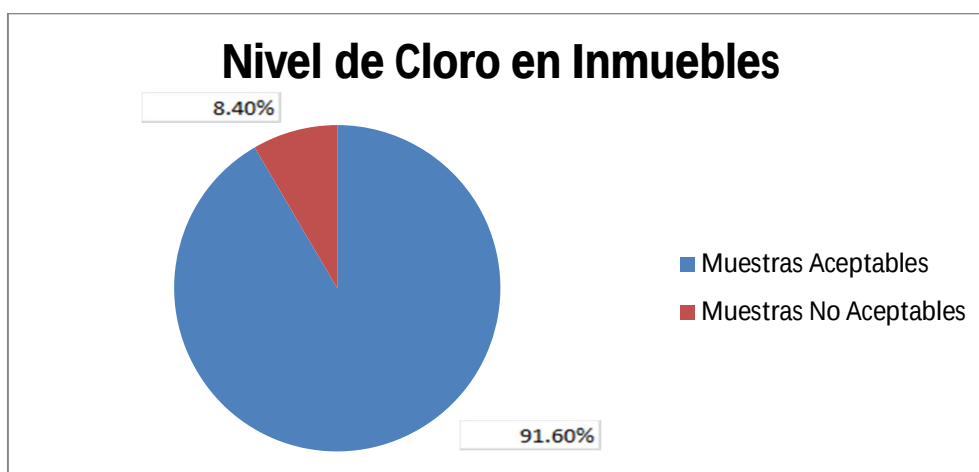


Gráfico Estadístico N°4: Gráfico en Pastel para establecer el porcentaje de muestras aptas y no aptas según la norma INEN 1108:2011 para el nivel de cloro libre residual en Inmuebles.

- **En Planta:** Se encontró que 100% de las muestras analizadas están dentro de los límites permisibles para cloro descritos por la norma INEN1108:2011.

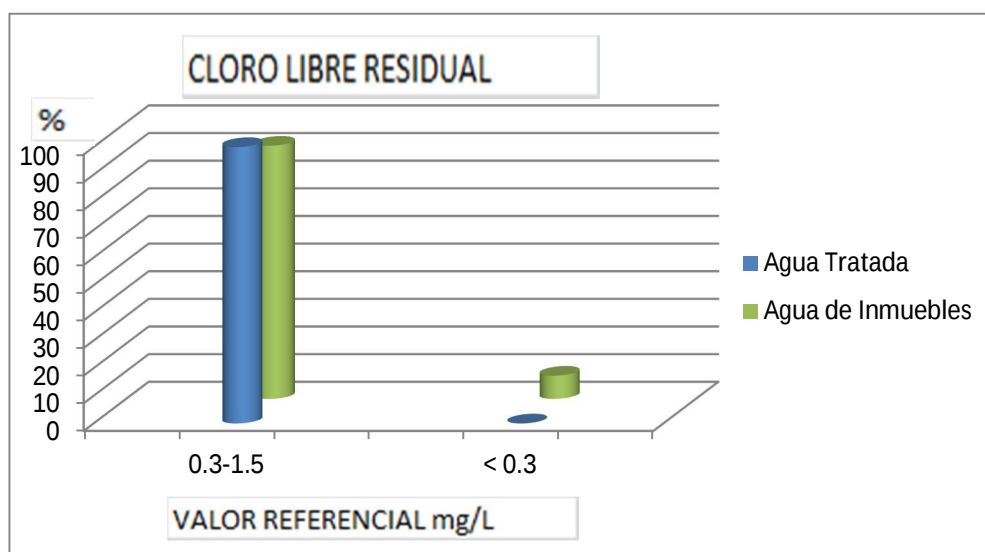


Gráfico Estadístico N°4: Gráfico en Columna Cilíndrica para Cloro Libre Residual

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

4.3 Color

- **En inmuebles:** Se determinó que un gran porcentaje (95%) de las muestras no cumple con la Norma INEN 1108:2011, las que están en el rango entre 15-100 U Pt-Co; mientras que el 5% comprende el límite establecido por la norma de 0-15 U Pt-Co. Los valores altos se deben a la antigüedad de las redes de distribución ya que estas han terminado su vida útil.

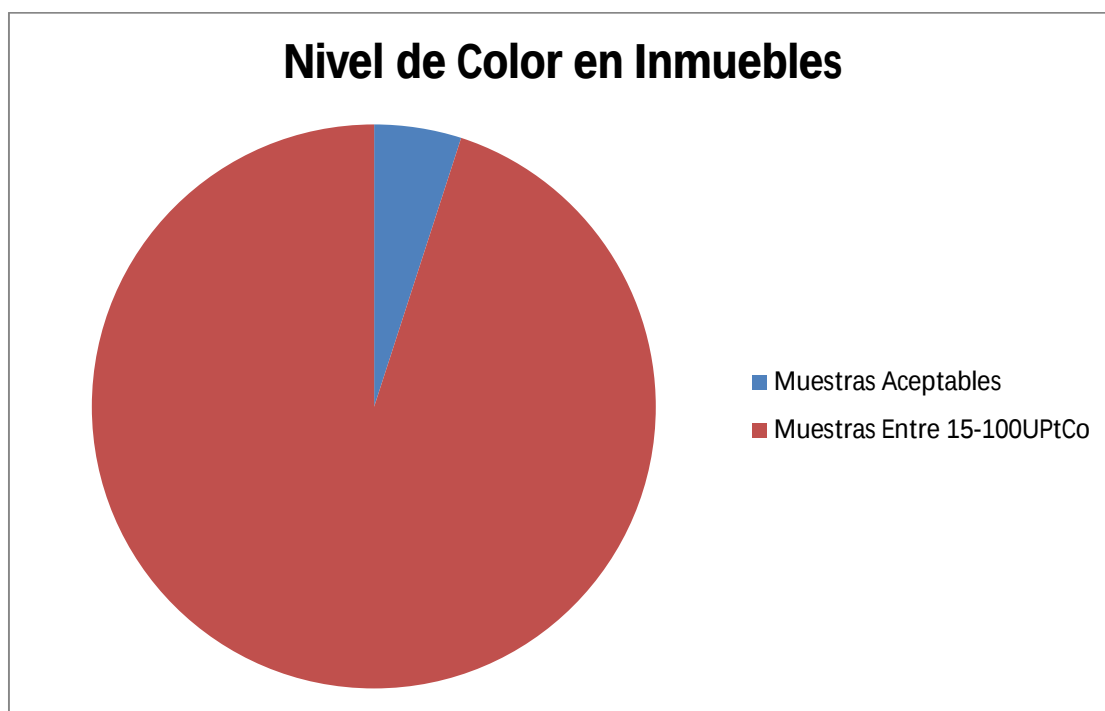


Gráfico Estadístico N°5: Gráfica en Pastel del Nivel de Color en Inmuebles respecto a la Norma INEN 1108:2011

- **En Planta:** Para el **Agua Cruda** se obtuvo que el 100% supera las 15 U Pt-Co de las cuales el 83.3 comprende entre el rango de 15-100 U Pt-Co y el restante es mayor a 100 unidades Pt-Co.

Para el **agua tratada** el total de muestras supera las 15 U Pt-Co lo que nos indica que hay un déficit en el tratamiento del agua debido a la falta de tratamiento por las noches que ya ha sido mencionado.

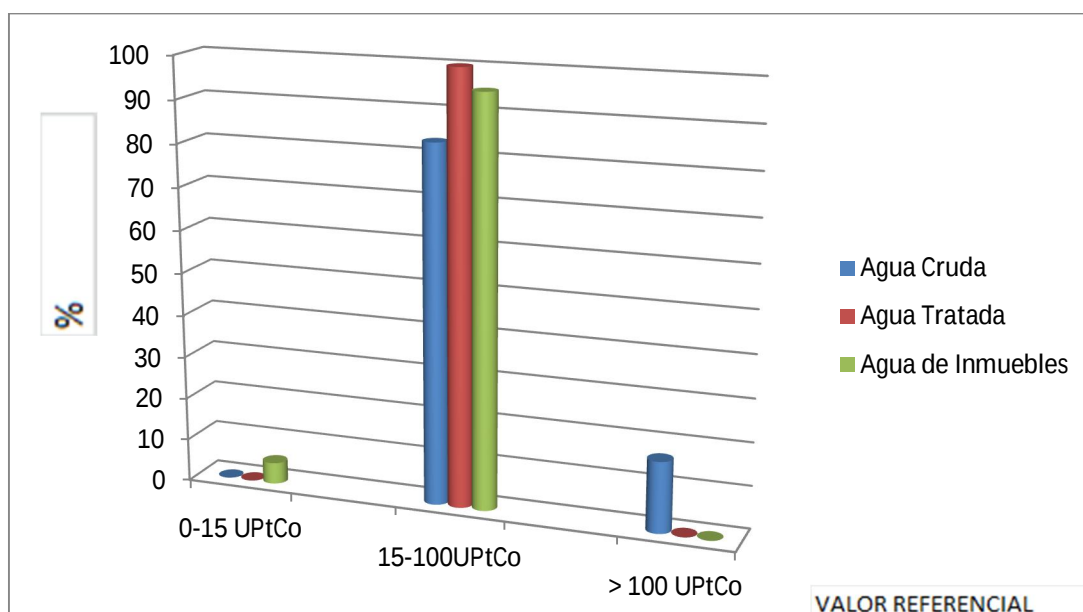


Gráfico Estadístico N° 6: Gráfico en Columna para Color Real de Todas las Zonas.

4.4 Turbidez

- **En Inmuebles:** Obtuvimos que la mayor parte de las muestras (95%) están fuera del límite establecido por la Norma INEN 1108:2011 que es 5 NTU debida posiblemente a falencias en la Potabilización, el 5% que está dentro de los límites normales podría deberse a la falta de lluvias que mantuvieron los niveles de color y turbiedad bajos.

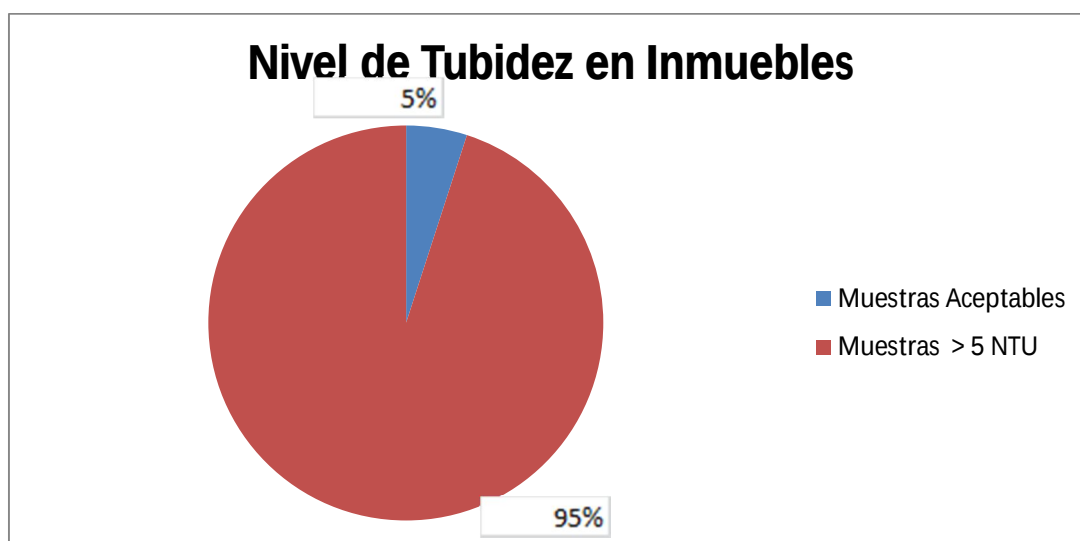


Gráfico Estadístico N° 7: Gráfico en Pastel para Turbidez de muestras en Inmuebles.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- **En Planta:** Para el Agua Cruda se obtuvo que el 91.67% de las muestras superó las 5 NTU y el 8.33% comprenden entre 0-5 NTU.

Para el **agua tratada** el 91.67% supera las 5 NTU establecidas como límite máximo por la norma INEN 1108, debida posiblemente a las fallas de potabilización mencionadas.

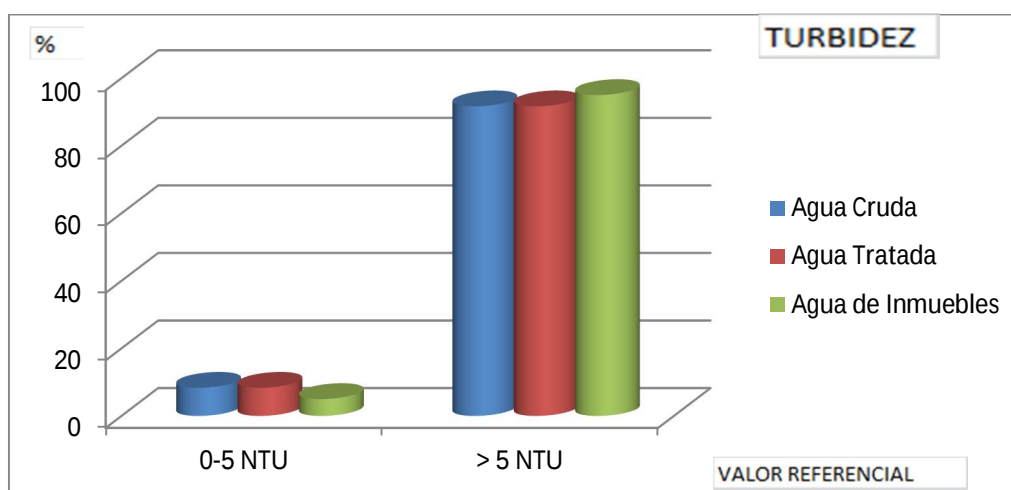


Gráfico Estadístico N°8: Gráfico en Columna Cilíndrica que expresa los porcentajes de Turbidez.

4.5 pH

- **En Inmuebles y Planta:** Obtuvimos que la totalidad (100%) de las muestras recolectadas cumplen con los requisitos establecidos por la Norma INEN 1108:2011 para Agua Potable. (6.5-8.5).

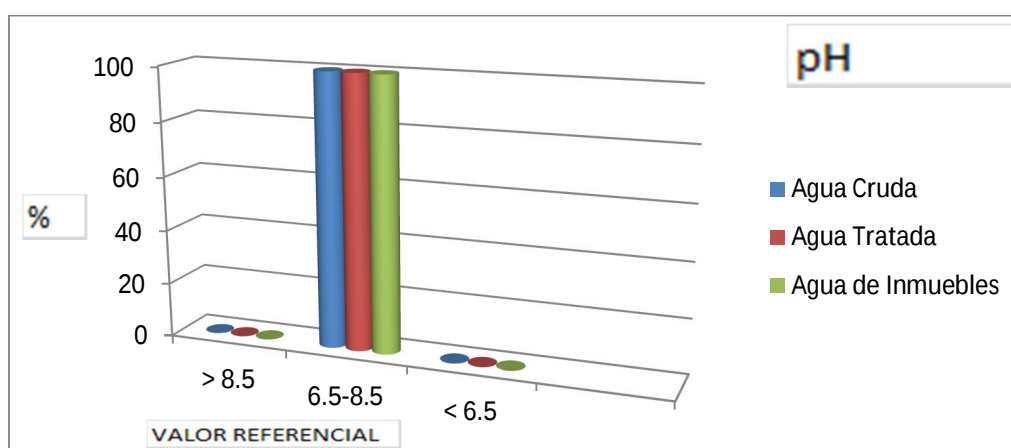


Gráfico Estadístico N°9: Gráfico en Columna Cilíndrica que expresa los porcentajes de pH.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



5. CONCLUSIONES

- ❖ En cuanto a la calidad Microbiológica del agua potabilizada del Cantón Santa Isabel, se demostró que un 89.2 % de las muestras dieron un índice $< 1,1$ NMP/100ml, es decir cumple los requisitos establecido por la NTE INEN 1108:2011.
- ❖ En cuanto al análisis de los Parámetros Físicos, se concluye que el Color (U Pt-Co) mostró niveles en un 95% fuera de lo que establece la Norma INEN 1108:2011, al igual que la Turbiedad (NTU), lo que se atribuye a un mal ajuste en la dosificación de reactivos para la floculación, falta de un mantenimiento periódico de Floculadores, sedimentadores, tanques de almacenamiento y redes de distribución.
- ❖ En lo referente a cloro libre residual en Planta, se obtuvo un 100 % de muestras que cumplen los requisitos establecidos por la norma INEN 1108:2011, mientras que un 8.4% de muestras de inmuebles no la cumplen, debido a que éstas se obtuvieron de los lugares más alejados del sistema de distribución.
- ❖ El pH de la totalidad de las muestras se encuentra dentro de los límites establecidos por la NTE INEN 1108:2011.
- ❖ De lo manifestado anteriormente, se puede concluir que la calidad microbiológica del agua cumple con los requisitos, mientras que los parámetros físicos, color y turbiedad, deben ser corregidos.



6. RECOMENDACIONES

- ❖ Una planta de tratamiento de agua, necesita un control constante durante las 24 horas del día, por lo cual se recomienda la implementación de más personal operativo capacitado, con el fin de lograr una correcta y oportuna dosificación de reactivos, para garantizar una calidad óptima de agua a los usuarios.
- ❖ Monitorizaciones periódicas tanto en inmuebles como en planta, para establecer el índice de calidad del agua, y brindar soluciones oportunas en caso de posibles falencias.
- ❖ Implementación de motores en planta para mezcla de las soluciones de Sulfato de Aluminio y Polímero, con lo cual se garantiza una correcta dosificación, estandarización y optimización de los reactivos y procesos.
- ❖ Realizar un Control de mantenimiento permanente de los floculadores, sedimentadores, tanques de almacenamiento y redes de distribución, con el fin de garantizar las condiciones de potabilización realizadas en planta, hasta la llegada a los inmuebles.



BIBLIOGRAFÍA

1. MARIN, Rafael, ***“Físico Química y Microbiología de los Medios Acuáticos-Tratamiento y Control de Calidad de Aguas”***, Madrid, Ediciones Diaz De Santos S.A, 2003, pg. 1; 2.
2. ARCOS, Mireya. ***“Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua”*** .Vol.3. Colombia. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, 2005, pg. 69
3. Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. Norma Técnica Ecuatoriana ***1108:2011***, cuarta revisión. “Agua Potable- Requisitos”
4. ASTUDILLO, Adelina. ***“Microbiología e Higiene de los Alimentos-Manual de Prácticas”***, Ecuador, 2007, pg. 43-44.
5. APELLA, María. ***“Microbiología del Agua-Conceptos Básicos”*** Buenos Aires, 2008, pg. 33.
6. Organización Panamericana de la Salud (OPS) ***“Guías para la Calidad del Agua Potable”***. Vol.2, Washington D.C., OMS, 1987, pg. 3.
7. Organización Mundial de la Salud (OMS), VARGAS, Carmen. ***“Guías de la OMS para la Calidad de Agua de Bebida-Aspectos Microbiológicos”***. Lima: CEPIS, OMS, 1996, pg. 3.
8. OPS. ***“Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades”***. Guías para la calidad del agua potable. Publicación científica 508. Vol. 3. Washington D.C.: 1988.
9. CABALLERO, Ángel, ***“Temas de Higiene de los Alimentos”*** La Habana, Editorial Ciencias Médicas, 2008, 387p.
10. **APHA; WEF; AWWA.** ***“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”***. 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.p 2-2.
11. RAMOS, Raudel. ***“El agua en el Medio Ambiente-Muestreo y Análisis”*** 1ra Edición, Baja California, Editores Plaza y Valdes, 2003, pg. 78.
12. Organización Mundial de la Salud (OMS), ***“Guías para la calidad del Agua Potable-Control de la Calidad del Agua Potable en sistemas***



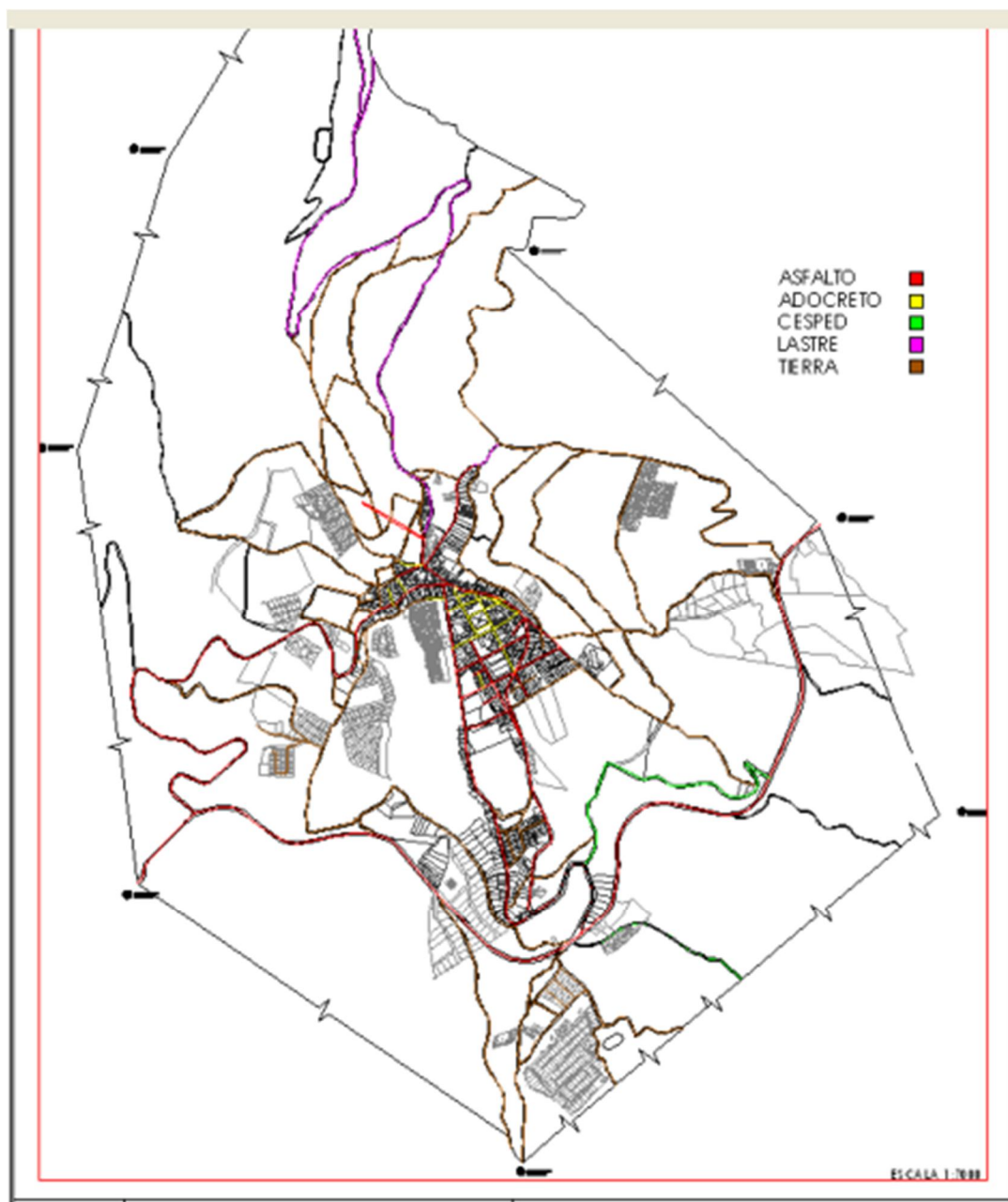
- de Abastecimiento para Pequeñas Comunidades**". Vol.3, Washington D.C, 1988. Pg. 5.
13. GOMELLA. C, **"Tratamiento de Aguas para Abastecimiento Público"** 1ra Edición, Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1977, pg. 31.
14. ETIENNE Guillermo **"Potabilización y Tratamiento de Agua diseño con Excel"** 1º Edición Electrónica, Ciudad de México, Enero del 2009.
15. ROMERO Mynor, **"Tratamientos utilizados en potabilización de agua"** Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Boletín Electrónico No. 08, Ciudad de Guatemala, 2007.
16. Instituto Nacional de Normalización, Proyecto de Norma en consulta Pública, Agua potable-Fuentes de abastecimiento y Obras de captación" Chile, 2008.
17. VILLEGAS, M. **"Purificación de aguas"**. Segunda edición. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007. p. 112.
18. REYES Alan Michael, **"Análisis y control del abultamiento Filamentoso en una Planta de Tratamiento de Efluentes"**, Universidad de Veracruz, 2009.
19. RAMALHO, R. **"Tratamiento de aguas Residuales"** 2da Edición, Barcelona, Editorial Reverté, 2003, pg. 92.
20. **Guías para la calidad del agua potable**. Organización Mundial de la Salud, 1998
21. RIOS, Danilo, **"Riesgos Biológicos y Subproductos de Desinfección de agua de Bebida"**. Montevideo, 2006, pg. 105.
22. CAMACHO Martínez Mary Ana, **"Prueba de Jarras- Materiales y Métodos"**, Universidad de las Américas, Puebla-México, 2005.
23. LEON Mota Missel, **"Prueba de Jarras"**, Universidad de Veracruz, Reporte de Trabajo #2 Veracruz-Mexico, 2009.
24. CUBA Terán Francisco, **"Potabilización"** ANESPA, Modulo N.9, La Paz-Bolivia, 2003.
25. HACH. **Manual de procedimiento del equipo DR/890**. Pg. 141.
26. HACH. **Manual de procedimientos del Turbidímetro Portátil modelo 2100P**, 8^{ava}. Edición , EEUU, 2004,pg 20-21



27. LORETO, Santa Marina. ***“Concentración de trihalometanos y de ácidos haloacéticos en el agua de consumo Humano”***. Edición No.4, Barcelona, Gaceta Sanitaria, Vol. 24, 2010, pg. 3.
28. SANCHEZ Alicia, ***“Efectos de los trihalometanos sobre la salud”***, Granada, Higiene y Sanidad Ambiental, 2008, pg. 283.
29. SOLSONA, Felipe. ***“Desinfección del agua”***. Pub.02.83, Lima, CEPIS-OPS/OMS, 2002, pg.31.
30. CABRERA, Aissa. ***“Identificación de Microorganismos Indicadores en aguas superficiales”***. Bogotá.2006 (Tesis Previa a la Obtención del título de Microbiólogo Industrial). Universidad Javeriana-Colombia.pg 38.

ANEXOS:

ANEXO 1: Mapa sectorizado del Cantón Santa Isabel para Selección de Puntos de Muestreo.

**Autores:**

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

ANEXO 2: RESPALDO FOTOGRÁFICO

- FOTOGRAFÍAS DE MATERIALES NECESARIOS PARA LOS ANÁLISIS Y TOMA DE MUESTRA.



Fotografía N°1. Tubos con caldo Fluorocult
Para Coliformes Totales



Fotografía N° 2. Estufa memmert



Fotografía N° 3. Autoclave para esterilizar material.



Fotografía N° 4. Cooler con pila y Hielo para
conservación y transporte de muestras.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- FOTOGRAFÍAS DE TOMA DE MUESTRA EN SECTOR A (**PLANTA DE TRATAMIENTO**)
- **TOMA DE MUESTRA DE AGUA CRUDA**



Fotografía N° 5. Muestra de agua cruda en vaso limpio para análisis Físico-Químico.



Fotografía N° 6. Muestra de agua cruda en frasco estéril para cultivo microbiológico.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ TOMA DE MUESTRA DE AGUA TRATADA



Fotografía N° 7. Muestra de agua tratada en frasco limpio para análisis Físico-Químico



Fotografía N° 8. Muestra de agua tratada en frasco estéril para cultivo microbiológico.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE INMUEBLES. ZONA MEDIA (CENTRO CANTONAL)
 - COLEGIO NACIONAL SANTA ISABEL.



Fotografía N° 8. Col. Nac. Sta. Isabel



Fotografía N° 9. Sanitización (alcohol 70%)



Fotografía N° 10: Corrida de agua (2-3 min.)



Fotografía N° 11: Toma de muestra en vaso limpio para el análisis Físico-Químico.



Fotografía N° 12: Toma de muestra en frasco estéril para cultivo microbiológico.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- HOSPITAL JOSÉ FELIX VALDIVIEZO



Fotografía N° 13: Sanitización (alcohol 70%)



Fotografía N° 14: Corrida de agua y toma de muestra para Físico-Químico y microbiológico.

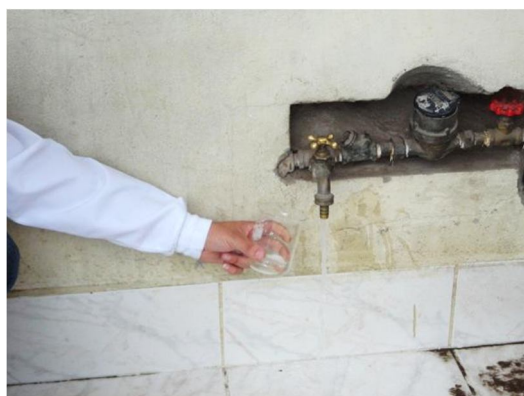
- Sector “Y” del Ramal



Fotografía N° 15: Casa “Y” del Ramal



Fotografía N° 16: Sanitización (alcohol al 70%)



Fotografía N° 17: Toma de muestra en vaso limpio para el análisis Físico-Químico.



Fotografía N° 18: Toma de muestra en frasco Para cultivo microbiológico.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE INMUEBLES. SECTOR C (Santa Ana de Lacay)



Fotografía N°19: Sanitización (alcohol 70%)



Fotografía N°20: Corrida de agua (2-3 min)



Fotografía N°21: Toma de muestra en vaso limpio para el análisis Físico-Químico.



Fotografía N°22: Toma de muestra en frasco estéril Para cultivo microbiológico.

➤ TOMA DE MUESTRA DE AGUA DE INMUEBLES. SECTOR B (Limón)



Fotografía N°23: Toma de muestra en vaso limpio para el análisis Físico-Químico.



Fotografía N°24: Toma de muestra en frasco estéril Para cultivo microbiológico.

Autores:

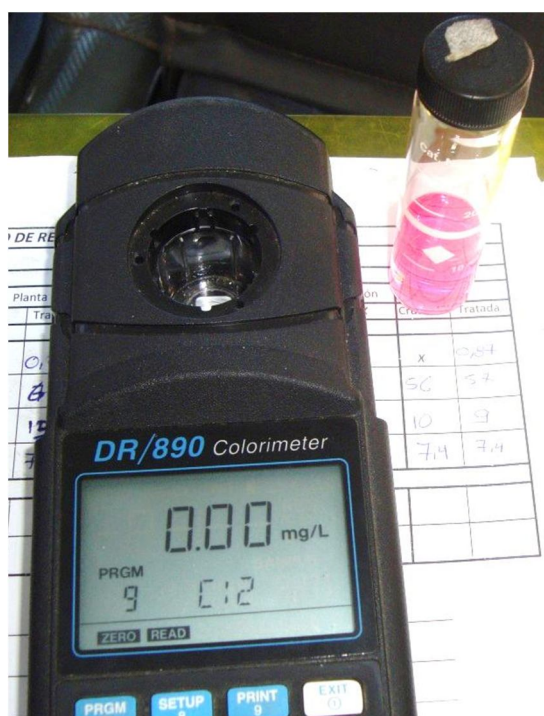
José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ **ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

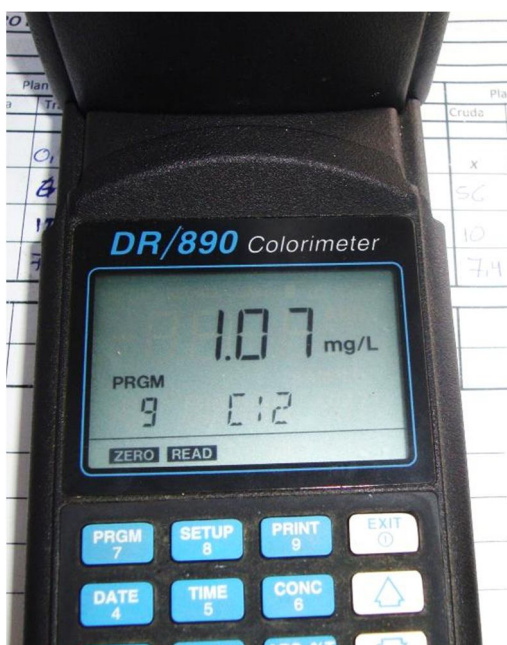
- *Determinación de Cloro Libre Residual*



Fotografía N°25: Programación del Equipo HACH para determinación de Cloro Libre Residual (mg/L).



Fotografía N°26: 10mL muestra en celda y encendido del equipo con la muestra sin Reactivo DPD.



Fotografía N°27: Lectura de Cloro libre residual.

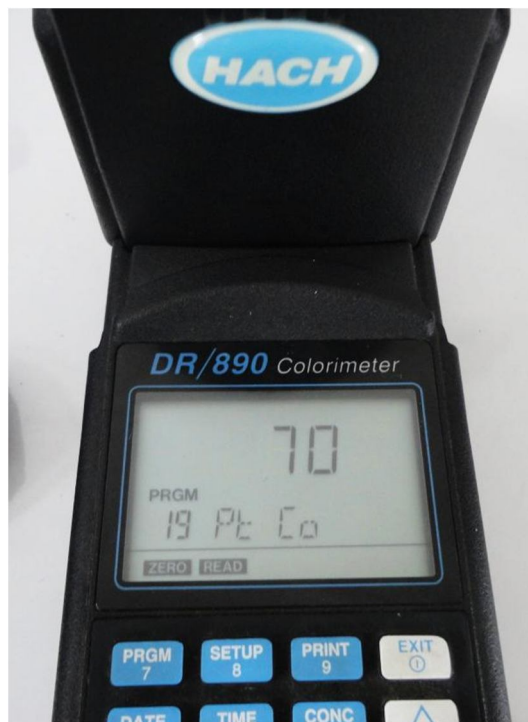
Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- *Determinación de Color (U Pt-Co)*



Fotografía N°28: Programación del equipo y encendido con blanco de muestra 25mL.



Fotografía N°29: Lectura de la muestra

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- *Determinación de Turbiedad (NTU)*



Fotografía N° 30: Equipo Turbidímetro HACH 2100P



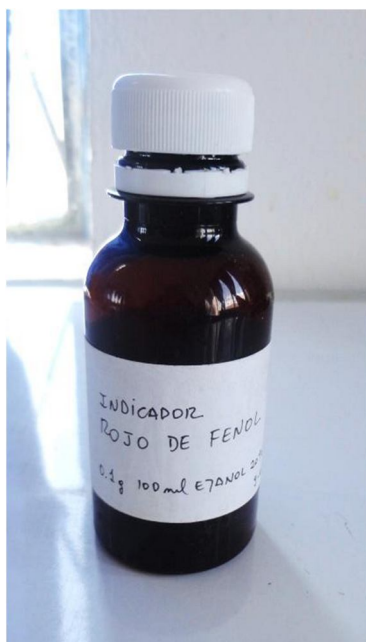
Fotografía N° 31: Encerado del equipo con blanco agua destilada (20mL)

Fotografía N° 32: lectura de la muestra.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- *Determinación de pH (Rojo de Fenol)*



Fotografía 33: Reactivo Rojo de Fenol



Fotografía 34: Equipo encendido



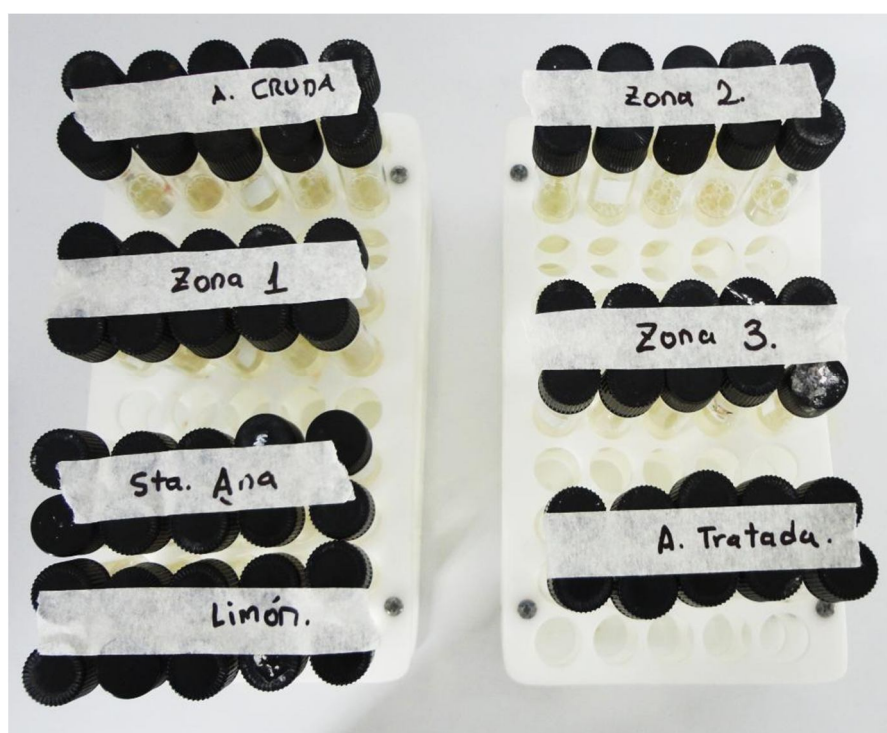
Fotografía N° 35: Lectura de la muestra.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ **ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

- **Fotografía 36:** CONTROLES POSITIVO Y NEGATIVO PARA COLIFORMES TOTALES Y FECALES (CALDO LMX- FLUOROCULT)



Fotografía 37: Siembra de las muestras en series de 10 tubos de 10mL de cada sector.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



Fotografía 38: Incubación de los tubos por 24 horas a 35 ° C.

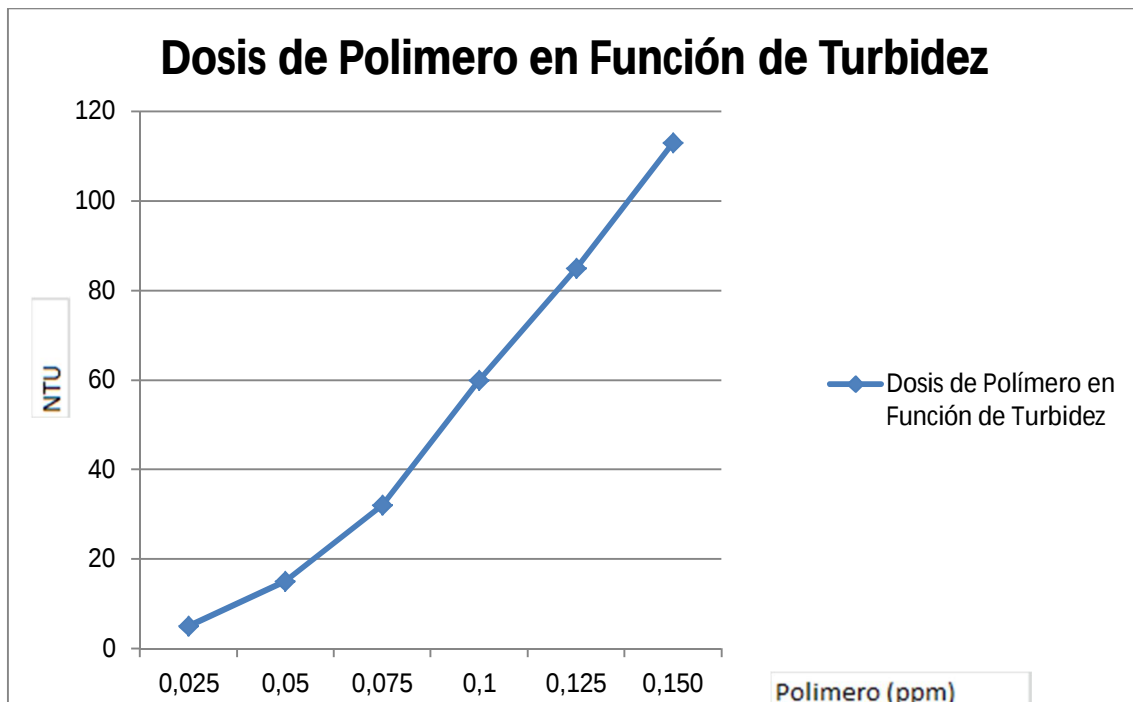
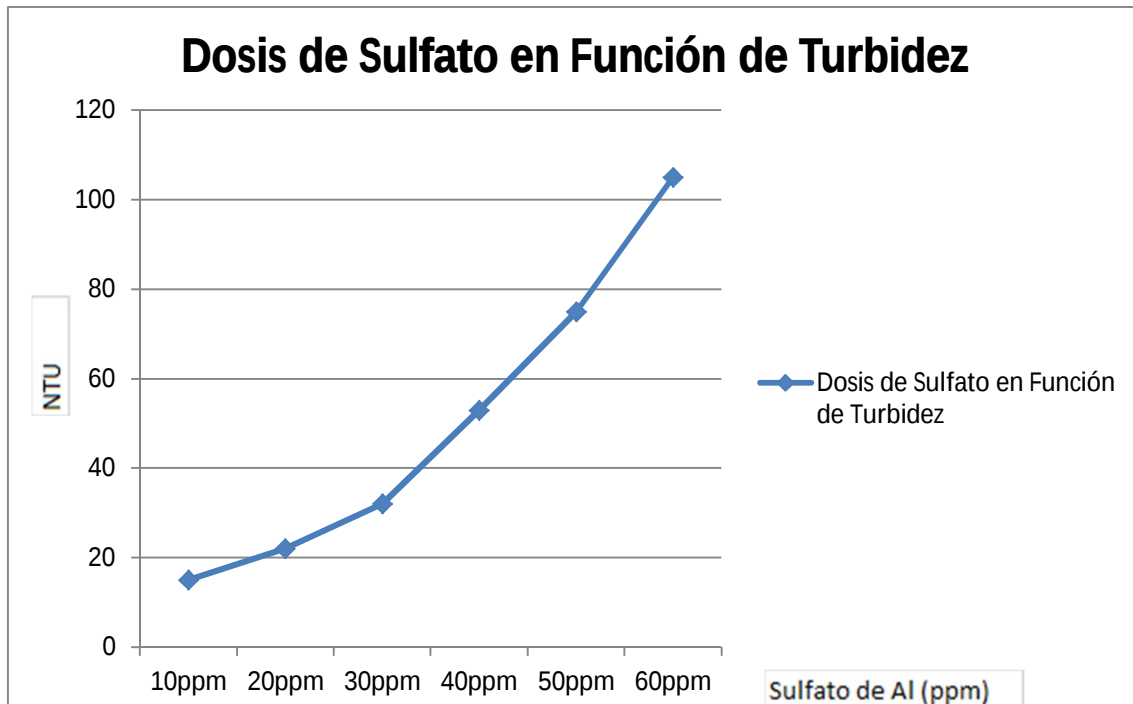


Fotografía 39: Lectura del cultivo microbiológico. (Ver anexo 4)

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

ANEXO 3: Curvas de calibración para dosificación de Sulfato de Aluminio y Polímero (Praestol) utilizados en planta de tratamiento.



Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



- **ANEXO N° 4:** Índice de NMP y Límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean 10 porciones de 10 mL.¹⁰

N° de tubos que presentan reacción positiva, a partir de 10 tubos de 10 mL	Índice de NMP/100mL	Límites de confianza en el 95%	
		Inferior	Superior
0	< 1,1	0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	> 23	13,5	Infinito

¹⁰ **APHA; WEF; AWWA.** "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". 19th Edition. Washington D.C. : American Public Health Association, 1995.pg 9-78

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



- **ANEXO N° 5:** *Requisitos Físico Químicos (CLORO LIBRE RESIDUAL, COLOR, TURBIDEZ) y Microbiológicos (COLIFORMES TOTALES Y FECALES) de Acuerdo a la Norma INEN NTE 1 108:2011, Cuarta Revisión. Para Agua Potable.*³

OBJETO: Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

ALCANCE: Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados, a través de redes de distribución y tanqueros.

Disposiciones Específicas

Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

Requisitos Físicos

PARÁMETRO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO
Color	Unidades de color Aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Cloro Libre Residual	mg/l	0,3 - 1,5

Requisitos Microbiológicos

	Máximo
Coliformes Fecales: -Tubos Múltiples NMP/100mL	< 1,1

APENDICE Y (Informativo)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

POBLACIÓN	NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO
< 5 000	12
5 000 – 100 000	12 POR CADA 5 000 PERSONAS
> 100 000 – 500 000	120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS
> 500 000	180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS

Guías para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (incluido el 1er. Adendum) 2006; Capítulo 4 numeral 4.3.4 cuadro 4.5

³ Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN. Norma Técnica Ecuatoriana 1108:2011, cuarta revisión. "Agua Potable- Requisitos"

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ **ANEXO N° 6: Requisitos de calidad de agua potable según NCh409 (Norma Chilena 2005)**

El agua distribuida por los servicios públicos de agua potable debe cumplir con la Norma Chilena NCh409 /1.Of. 2005 Agua Potable - Parte 1: Requisitos, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional.

Tipo de Control	Requisitos de Calidad
Microbiológicos (Tipo I)	- 1 col/100 ml: < 10% muestras - 5 col/100 ml: < 5% muestras - Control por sectores - Exentas de Escherichia coli
Turbiedad (Tipo I)	- Media mensual $\leq$ 2 NTU - 4 NTU: < 5% muestras - Ninguna muestra > 20 NTU - Entre 10 y 20 NTU: no consecutivas
Parámetros organolépticos (Tipo IV)	- Físicos: Color < 20 UC; Inodora e Insípida - Inorgánicos: Límites para 5 parámetros - Orgánicos: Límite para un parámetro
Parámetros de desinfección (Tipo V)	- Conc. máxima: 2,0 mg/l - 0,2 mg/l: < 10% muestras - 0,0 mg/l: 1 muestra para < de 100 análisis o 3 muestras para más de 100 análisis
Col: colonias de coliformes totales - mg: miligramos - l: litro - ml: mililitro NTU: unidades nefelométricas de turbiedad - UC: unidad de color	

5.2 El agua potable debe tener un pH comprendido entre 6,0 y 8,5.

Fuente: <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-4371.html> Visitado: 08/Nov/2012

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

➤ **ANEXO N° 7: Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo Humano, Real Decreto 140/2003-España.**

Artículo 1. Objeto.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

C. Parámetros indicadores.

Parámetro	Valor paramétrico
31. Bacterias coliformes	0 UFC En 100 ml
32. Recuento de colonias a 22 °C	
A la salida de ETAP	100 UFC En 1 ml
En red de distribución	Sin cambios anómalos
33. Aluminio	200 µg/l
34. Amonio	0,50 mg/l
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos mg/l
36. Cloro combinado residual	2,0 mg/l
37. Cloro libre residual	1,0 mg/l
38. Cloruro	250 mg/l
39. Color	15 mg/l Pt/Co
40. Conductividad	2.500 µS/cm ⁻¹ a 20C
41. Hierro	200 µg/l
42. Manganeseo	50 µg/l
43. Olor	3 a 25 °C Índice de dilución
44. Oxidabilidad	5,0 mg O ₂ /l
45. pH:	
Valor paramétrico mínimo	6,5 Unidades de pH
Valor paramétrico máximo	9,5 Unidades de pH
46. Sabor	3 a 25 °C índice de dilución
47. Sodio	200 mg/l
48. Sulfato	250 mg/l
49. Turbidez:	
A la salida de ETAP y/o depósito	1 UNF
En red de distribución	5 UNF

Fuente: http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/rd140-2003.html#nota6

(Visitado el 08-Nov-2012)

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

- **ANEXO N° 8:** NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. (Norma Oficial Mexicana).

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

4 LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DEL AGUA

4.1 Límites permisibles de características *microbiológicas*.

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
<i>Organismos coliformes totales</i>	<i>Ausencia</i>
<i>E. coli</i>	<i>Ausencia</i>

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener E. coli en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes, estos organismos, deberá estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas durante cualquier período de doce meses.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.

4.3 Límites permisibles de características químicas.

El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

TABLA 3

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN ⁻)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.00
Cloruros (como Cl ⁻)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00
Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
Fierro	0.30
Fluoruros (como F ⁻)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5

Fuente: <http://www.bvsde.paho.org/legislacion/mexico/nom-127-ssai.pdf>

(Visitado el 08-Nov-2012)

Autores:

José Tacuri O.
Oscar Vintimilla Y.



➤ **ANEXO 9.** PREPARACIÓN DEL MEDIO DE CULTIVO LMX FLUOROCULT

Caldo LMX Fluorocult modificado según MANAFI y OSSMER.

COMPOSICIÓN	g/L
Triptosa	5 g
Cloruro sódico	5 g
Sorbitol	1 g
Triptófano	1 g
Hidrógeno fosfato dipotásico	2.7 g
Dihidrógeno fosfato potásico	2 g
Sulfato de laurilo y sodio	0.1 g
5-Bromo-4-cloro-3-indolil- β -D-galactopiranosido (X-Gal)	0.08 g
4-metillumbeliferil- β -D-glucorónido (MUG)	0.05 g
1-isopropil- β -D-tiogalacto-piranosido	0.1 g

PREPARACIÓN: Suspender 17 g en 1000 mL de agua destilada. Mezclar bien y verter en tubos de vidrio con tapa de rosca. Esterilizar en autoclave a 15 lbs de presión (121°C) por 15 minutos.

➤ **ANEXO 10:** Hoja de Registro de Resultados.

HOJA DE REGISTRO DE RESULTADOS														
MES:		ABRIL												
		Martes 17						Jueves 19						
Parámetros:	Sta. Isabel			Planta			Sta. Isabel			Sta. Ana	Limón	Planta		
	Z1	Z2	Z3	Cruda	Tratada	Z1	Z2	Z3	X	X	Cruda	Tratada		
Físico Químicos														
Cloro Residual											X			
Color														
Turbiedad														
pH														
Microbiológicos														
Coliformes Tot.														
Coliformes Fec.														
Observaciones:														

Autores:

José Tacuri O.

Oscar Vintimilla Y.



INDICE DE ABREVIATURAS

- **AC:** Agua Cruda.
- **AHA:** Ácidos Haloacéticos
- **AI:** Agua recolectada de Inmuebles
- **APHA:** American Public Health Association.
- **AT:** Agua Tratada.
- **ATCC:** American Type Culture Collection.
- **AWWA:** American Water Works Association.
- **BH:** Bacterias heterotróficas.
- **CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- **CF:** *Coliformes fecales*.
- **CT:** *Coliformes totales*.
- **DPD:** Dietil – Fenilén – Diamina.
- ***E. coli*:** Escherichia coli
- **EPA:** Environmental Protection Agency.
- **HOCl:** Ácido hipocloroso.
- **NTE INEN:** Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- **OCI⁻:** Ión hipoclorito.
- **OMS:** Organización Mundial de la Salud.
- **OPS:** Organización Panamericana de la Salud.
- **SMEWW:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
- **THM:** Trihalometanos
- **WPCF:** Water Pollution Control Facilities.



UNIDADES DE MEDIDA

- **°C:** Grados Centígrados
- **μm:** Micrómetros
- **g:** Gramos
- **L:** Litros
- **mg:** Miligramos
- **mL:** Mililitros
- **NMP:** Número Más Probable
- **seg.:** Segundos
- **U Pt-Co:** Unidades Platino Cobalto
- **U-pH:** Unidades de pH
- **ppm:** Partes por millón



GLOSARIO

- **Ácidos Haloacéticos:** Familia de compuestos orgánicos basados en la molécula del ácido acético (CH_3COOH), en la que uno o más átomos de hidrógeno unidos a los átomos de carbono son remplazados por un elemento halógeno (cloro, bromo, flúor y/o yodo).
- **Aerobio Facultativo:** Es un tipo de microorganismo que tolera la falta de oxígeno aunque su principal fuente de energía la obtiene de la respiración aeróbica.
- **Agua Servida:** Se refiere a un tipo de aguas provenientes del uso doméstico de las personas
- **Bactericida:** Sustancia o agente físico que es capaz de destruir las bacterias.
- **Cápside:** Cubierta Proteica que encierra a un virus.
- **Cloramina:** Es un compuesto de fórmula NH_2Cl . Por lo general se utiliza como una solución diluida como desinfectante.
- **Coliformes:** Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
- **Cultivo:** Métodos para la multiplicación de microorganismos tales como bacterias, hongos y parásitos, en el que se prepara un medio óptimo para favorecer el proceso deseado.
- **Disentería:** Enfermedad infecciosa asociada a dolor abdominal, fiebre, diarrea, e inflamación y ulceración.
- **Embalse:** Acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.
- **Estero:** Terreno inmediato a la orilla de una río por la cual se extienden las aguas del mar.
- **Entérico:** Relativo al intestino.
- **Enzima:** Moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles.
- **Fisión Binaria:** Es una forma de reproducción asexual que se lleva a cabo



en arqueobacterias, bacterias, levaduras de fisión, algas unicelulares y protozoos.

- **Flóculo:** Es un grumo de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.
- **Heterotrófico:** Organismo que deben alimentarse con las sustancias orgánicas sintetizadas por otros organismo, bien autótrofos o heterótrofos a la vez.
- **Homeotermia:** Es el proceso mediante el cual un grupo de seres vivos denominados homeotermos mantienen su temperatura corporal dentro de unos límites, independientemente de la temperatura ambiental.
- **Inocuo:** Que no hace daño.
- **Idoneidad:** Reunión de condiciones necesarias para desempeñar una función.
- **Nematodo:** Son gusanos cilíndricos no segmentados que viven en grandes cantidades en el suelo y el agua.
- **Patógeno:** Es cualquier microorganismo capaz de producir una enfermedad infecciosa.
- **Punteras:** Pozo cavado en la tierra para extraer agua
- **Quiste:** Estadio del ciclo de vida de algunos protozoarios y algunos protistas, es decir la forma morfológica de protección del microorganismo, en el que se recubre por una cubierta resistente tanto a factores químicos y físicos de modo que permanece inmóvil e inactivo hasta que se reanuden las condiciones favorables para su supervivencia.
- **Trihalometanos:** Compuestos orgánicos, basados en una molécula de metano (CH_4) en la que los átomos de hidrógeno presentes habitualmente han sido remplazados por tres átomos de elementos halogenados (cloro, bromo, flúor y/o yodo).
- **Trofozoito:** Es la forma vegetativa activada que se alimenta generalmente por fagocitosis y se reproduce en el ciclo de vida de los protozoarios.
- **Virión:** Es la partícula vírica morfológicamente completa e infecciosa. Está compuesto por: Ácidos nucleicos (ADN y ARN) y la Proteínas víricas.