



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Bioquímica y Farmacia

“Análisis de la calidad físico – química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute.”

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Bioquímico Farmacéutico**

AUTORAS:

Verónica Nataly Tapia Ordoñez.

C.I. 0104905765

Karina Alexandra Vélez Plaza

C.I. 0105618896

DIRECTORA:

Mgt. Jéssica Andrea León Vizñay.

C.I. 0104848098

CUENCA – ECUADOR

2018

RESUMEN

El trabajo tuvo como finalidad evaluar la calidad del agua potable en la zona urbana del cantón Paute para lo cual se realizó el análisis físico – químico y microbiológico en el Laboratorio de la Planta de Cachiyacu.

Las muestras que se analizaron fueron agua de salida de la planta de tratamiento y el agua de las redes domiciliarias, en el período comprendido entre el 26 de Enero al 13 de Marzo del 2018.

El número total de muestras analizadas fueron 110, entre ellas 94 correspondientes a red de distribución tomadas aleatoriamente en los 14 barrios, 8 muestras de captación y 8 de la planta de potabilización. La frecuencia del muestreo fueron una vez por semana para planta y captación y dos veces por semana para red de distribución.

Los parámetros físicos – químicos analizados fueron: color, turbidez, pH, conductividad, alcalinidad total, dureza total, sulfatos, cloro libre, nitritos, nitratos y hierro mientras que los microbiológicos fueron coliformes fecales mediante filtración de membrana para cada una de las muestras; los cuales fueron comparados con las siguientes normas INEN 1108-2014, INEN 1108-2006, Decreto N° 32327-S Costa Rica (2005) y AYSA (Agua y Saneamiento Argentino)

Los resultados obtenidos demostraron que la mayoría de los parámetros físico-químicos cumplen satisfactoriamente con las normas establecidas. Sin embargo, los parámetros como cloro residual, temperatura y pH se encuentran fuera de los rangos establecidos, mientras que los parámetros microbiológicos indican ausencia de contaminación cumpliendo con la norma.

PALABRAS CLAVES: Paute, parámetro físico – químico y coliformes fecales, agua potable.

ABSTRACT

The purpose of the work was to evaluate the quality of drinking water in the urban area of the Paute canton, for which a physical - chemical and microbiological analysis was carried out in the Laboratory of the Cachiyacu Plant.

The samples that were analyzed were water leaving the treatment plant and water from the home networks, in the period between January 26 to March 13, 2018.

The total number of samples analyzed was 110, among them 94 corresponding to the distribution network taken randomly in the 14 neighborhoods, 8 sampling samples and 8 from the potabilization plant. The sampling frequency was once a week for plant and catchment and on Monday and Tuesday for the distribution network.

The physical - chemical parameters were: color, turbidity, pH, conductivity, total alkalinity, total hardness, sulphates, free chlorine, nitrites, nitrates and iron while the microbiological ones were fecal coliforms by membrane filtration for each of the samples. Based on these parameters with the following standards INEN 1108-2014, INEN 1108-2006, Decree No. 32327-S Costa Rica (2005) and AYSA (Argentine Water and Sanitation)

The results obtained showed that most of the physical-chemical parameters satisfactorily comply with the established norms. However, the parameters such as residual chlorine, temperature and pH are outside the established ranges, while the microbiological parameters indicate the absence of contamination complying with the norm.

Keywords: Paute, physical - chemical parameter and fecal coliforms, water available.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	3
DEDICATORIA.....	14
AGRADECIMIENTO.....	16
INTRODUCCIÓN.....	17
Objetivo General.....	18
Objetivos específicos.....	18
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 El Agua.....	19
1.1.1 Agua superficial.....	19
1.1.2 Agua cruda.....	19
1.1.3 Agua potable	19
1.2 Calidad del Agua	19
1.3. Parámetros Físicos	20
1.3.1 Color	20
1.3.2 Temperatura	20
1.3.3 pH	20
1.3.4 Conductividad.....	21
1.3.5 Turbidez.....	21
1.4 Parámetros Químicos.....	21
1.4.1 Dureza	21
1.4.2 Alcalinidad	22
1.4.3 Cloro Libre	22
1.4.4 Nitrato.....	23
1.4.6 Sulfato	23
1.4.7 Hierro.....	24
1.5 Parámetros Microbiológicos	25
1.5.1 Coliformes totales	26
1.5.2 Coliformes fecales	26
1.6 Potabilización del agua de la planta de Cachiyacu	27
1.6.1 Desbaste.....	27
1.6.2 Captación	27
1.6.3 Coagulación – Floculación	27
1.6.4 Sedimentación	28
1.6.5 Filtración.....	28

1.6.6	Desinfección.....	28
1.6.7	Almacenamiento.....	28
2.	METODOLOGÍA	29
2.1	Tipo de investigación	29
2.2	Área de estudio.....	29
2.2.1	Cálculo del número de muestras de la zona urbana	29
2.3	Muestreo	30
2.3.1	Toma de muestra.....	32
2.4	Socialización con la población del cantón de Paute	32
2.5	Materiales y Equipos	33
2.6	Métodos y técnicas de los parámetros físicos	33
2.6.1	Determinación de Color.....	33
2.6.2	Determinación de Turbiedad.....	34
2.6.3	Determinación de pH.....	34
2.6.4	Determinación de Temperatura.....	34
2.6.5	Determinación de Conductividad	34
2.7	Métodos y técnicas de los parámetros químicos	34
2.7.1	Determinación de Dureza Total	34
2.7.2	Determinación de Alcalinidad Total	35
2.7.3	Determinación de Cloro residual	36
2.7.4	Determinación de Nitrato	37
2.7.6	Determinación de Sulfatos	37
2.7.7	Determinación de Hierro	38
2.8	Métodos y técnicas de los parámetros microbiológicos	38
2.8.1	Determinación de Coliformes fecales.....	38
2.9	Medición de la distancia desde la planta potabilizadora hacia los barrios .	39
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
3.1	Relación de los parámetros físico – químico que presentan afección en planta y red de distribución.....	45
3.3	Análisis de Varianza ANOVA.....	70
	Discusiones	74
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
4.1	Conclusiones.....	76
4.2	Recomendaciones.....	77
5.	BIBLIOGRAFÍA	78
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del agua según la concentración de la dureza total	22
Tabla 2. Valores de referencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológico del agua potable.....	25
Tabla 3. Cronograma de Muestreo para el análisis	31
Tabla 4. Medidas de tendencia del control en la red de distribución.....	41
Tabla 5. Medidas de tendencia del control en planta y captación	44
Tabla 6. Resultados del test Anova	71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Reacción entre Cloro libre y DPD	36
Gráfica 2	Reacción entre el nitrito y el reactivo Nitri Ver 3	37
Gráfica 3	Reacción entre el hierro y el reactivo Ferro Ver.....	38
Gráfica 4	Resultados del Cloro residual en planta y captación	45
Gráfica 5	Resultados del cloro residual en la red de distribución.....	46
Gráfica 6	Resultados del pH en planta y captación.....	48
Gráfica 7	Resultados de pH en la red de distribución	49
Gráfica 8.	Resultados de la temperatura en planta y captación	51
Gráfica 9.	Resultados de la Temperatura en la red de distribución	52
Gráfica 10.	Promedio Color en red de distribución, planta y captación.....	54
Gráfica 11.	Promedio turbiedad en red de distribución, planta y captación.....	55
Gráfica 12.	Promedio Conductividad en red de distribución, planta y captación	56
Gráfica 13.	Promedio Dureza en red de distribución, planta y captación	58
Gráfica 14.	Promedio Alcalinidad en red de distribución, planta y captación.....	60
Gráfica 15.	Promedio sulfato en red de distribución, planta y captación.....	62
Gráfica 16.	Promedio Hierro en red de distribución, planta y captación	64
Gráfica 17.	Promedio Nitrato en red de distribución, planta y captación	66
Gráfica 18.	Promedio Nitrito en red de distribución, planta y captación.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

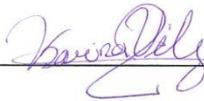
Anexo 1. Procesos de potabilización de la planta Cachiyacu	83
Anexo 2. Procedimientos de los parámetros físico - químicos y microbiológicos.....	83
Anexo 3. Resultados de los parámetros físico – químicos y microbiológicos de planta y captación.	88
Anexo 4. Resultados de los parámetros físico – químicos y microbiológicos en red de distribución	89
Anexo 5. Resultado físico – químico en el test Tukey.....	96
Anexo 6. Foto del mapa la zona urbana del cantón Paute.....	110
Anexo 7. Fotos de cada barrio con su respectiva distancia a la planta.....	111
Anexo 8. Funcionamiento del equipo colorímetro portátil HACH modelo DR-800	118
Anexo 9. Toma de muestra del agua potable en red de distribución.....	121
Anexo 10. Fotos captación y planta potabilizadora Cachiyacu.....	122
Anexo 11. Exposición Natural y Cultural del Día del Agua.....	124

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Karina Alexandra Vélez Plaza en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación **“Análisis de la calidad físico – química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute”**, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

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

Cuenca, 07 de noviembre de 2018



Karina Alexandra Vélez Plaza

C.I: 0105618896

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio
Institucional

Verónica Nataly Tapia Ordóñez en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de la calidad físico – química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

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

Cuenca, 07 de noviembre de 2018



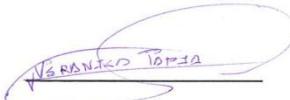
Verónica Nataly Tapia Ordóñez

C.I: 0104905765

Cláusula de Propiedad Intelectual

Verónica Nataly Tapia Ordóñez, autora del trabajo de titulación "Análisis de la calidad físico – química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 07 de noviembre de 2018



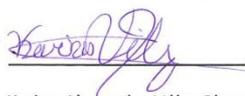
Verónica Nataly Tapia Ordóñez

C.I.: 0104905765

Cláusula de Propiedad Intelectual

Karina Alexandra Vélez Plaza, autora del trabajo de titulación "Análisis de la calidad físico – química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 07 de noviembre de 2018



Karina Alexandra Vélez Plaza

C.I: 0105618896



DEDICATORIA

Agradezco principalmente a Dios porque en cada obstáculo encontrado me expuso señales de esperanza para continuar con cada proyecto de mi vida y permitir estar rodeado de seres queridos que son mi pilar.

A mis padres Mario y Miriam por todo el cariño, apoyo y dedicación brindado de manera incondicional; por enseñarme el verdadero concepto de amor, perseverancia y lucha para alcanzar mis metas.

Gracias a mi hermana Johanna por ser mi cómplice y apoyarme cada minuto de este recorrido y a mi enamorado Xavier por creer en mí. Todos fueron responsables de la culminación de esta etapa universitaria.

Verónica T.



DEDICATORIA

El amor recibido, la paciencia y dedicación con la que cada día se preocupa mi familia por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se verá reflejado al cumplir con mi meta.

En primer lugar; gracias a Dios que con su infinito amor me ha dado vida, salud y sabiduría, para poder alcanzar uno más de mis objetivos planteados, ya que sin su bendición nada de esto hubiese sido posible.

Gracias a mi mami Carmita (+) por guiarme y darme la fortaleza, ser la motivación para cumplir con uno de mis sueños, que aunque no te encuentres físicamente presente, sé que desde el cielo me acompañas día a día y con tu bendición me alientas, proteges y me motivas a seguir adelante paso a paso, a mis hermanas (Ximena y Anabel); por brindarme su apoyo incondicional y ser mi motivación para alcanzar mis logros; a mi esposo Paúl que con sus palabras de aliento y su confianza ha contribuido para realizarme profesionalmente.

A todos mis familiares y amigos que, de una u otra manera, me han apoyado y han creído en mí.

Karina V.



AGRADECIMIENTO

A nuestros queridos profesores que con su paciencia y tiempo nos encaminaron en la finalización de la carrera.

A la Mgt. Jessica León tutora de nuestra tesis, quien con sus conocimientos y su tiempo nos permitió finalizar con nuestro proyecto y así alcanzar una meta más en nuestras vidas.

Al Dr. Helióth Trelles alcalde del cantón Paute e Ing. Sebastián Chávez Director de Agua Potable, Saneamiento y Gestión Ambiental, así como a todo su equipo del departamento de agua potable, por la apertura y colaboración recibida para que nuestro proyecto se haga realidad.

A la población del cantón Paute, por su muestra de amabilidad, confianza y acogida durante la ejecución de nuestro trabajo realizado.

Verónica T.

Karina V.



INTRODUCCIÓN

El cantón Paute con relación al tema de calidad del agua para el consumo humano no presenta registros a nivel cantonal. En esta zona los factores de contaminación de mayor impacto son las descargas de aguas residuales a ríos, actividades agropecuarias y el pastoreo de los animales cercano a las fuentes de agua. El inventario Participativo de los Recursos Hídricos realizado en el 2012, menciona que el 90% de las tierras que forman parte de las fuentes de agua que cubre la demanda del líquido vital del cantón es de tipo privado, razón que obstaculiza una correcta protección de este recurso natural (Trelles, 2014).

Del mismo modo los fenómenos naturales como deslizamientos o lluvias excesivas están implicadas en la contaminación del agua, así el afluente de importancia en el área urbana del cantón Paute es el río Cutilcay. Este se origina en una zona de excesiva pluviosidad y en su recorrido forma tres captaciones una de ellas la captación denominado Chorro Blanco que proporciona el caudal necesario a la planta de tratamiento Cachiyacu administrado por el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón (Trelles-Méndez, Helioth, 2014).

La planta posee un laboratorio con los equipos necesarios para el análisis de calidad de agua, sin embargo, no disponen de un profesional que realice un seguimiento oportuno y el uso del laboratorio se limita a casos que exista reclamos por parte de la población.

Entre las responsabilidades de las autoridades es proveer la seguridad a la población mediante la elaboración y aplicación de planes de seguridad del agua. Además el código del medio ambiente establece *“que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida para alcanzar el bienestar colectivo la salud”* (Thompson, 2004).

Por lo cual es de gran importancia realizar el control de calidad físico-químico y microbiológico del agua potable que abastece la planta de Cachiyacu a la zona urbana del cantón Paute.



Objetivo General

- Evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua potable en la zona urbana del cantón Paute abastecida por la planta potabilizadora de Cachiyacu.

Objetivos específicos

- Realizar la comparación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que ingresa y sale de la planta de potabilización para su distribución.
- Determinar si el agua potable cumple con los estándares establecidos en la norma INEN 1108:2014, quinta revisión.
- Realizar y registrar semanalmente el proceso de control de calidad del agua de la zona Urbana del cantón Paute.



1. MARCO TEÓRICO

1.1 El Agua

El agua es un recurso natural, constituyente del medio ambiente e indispensable para la vida por ser parte integral del ser vivo ya que interviene en procesos biológicos que rigen la existencia. El planeta nos brinda este elemento distribuido de tal manera que los océanos representan el 97% como agua salada, el 2,38 % lo conforman los glaciares no alcanzables para el uso del ser humano y finalmente los ríos, lagos, lagunas y humedales con un porcentaje 0,62% (El agua: recurso natural y elemento del desarrollo, 2008).

El agua se considera un elemento indispensable en el desarrollo de los seres vivos, ya que forma parte integral de su peso corporal con un porcentaje del 70 % por lo tanto cumple la función de disolvente de sustancias, transporte, bioquímica, estructural, de forma mecánica (amortiguadora) y termorregulador.

Las exigencias requeridas para el agua de consumo son las siguientes: abundante, saludable, físicamente accesible, asequible y de una calidad aceptable (Vaquero, 2012).

1.1.1 Agua superficial

Se define como el agua proveniente de las lluvias o del brote de zonas subterráneas para dar origen a ríos, manantiales, lagos y quebradas (Ministerio de Salud, 2005).

1.1.2 Agua cruda

Se define como agua de origen natural al cual no se somete algún proceso para cambiar sus propiedades físicas, químicas o microbiológicas (INEN 1108:2014).

1.1.3 Agua potable

Se la define como el agua que puede ser consumida al haber recibido tratamiento para mejorar sus propiedades físicas, químicas o microbiológicas (INEN 1108:2014).

1.2 Calidad del Agua

Se considera agua de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que causen enfermedades a los seres vivos, es decir cuando demuestra ausencia de bacterias coliformes totales y fecales. Para garantizar el nivel de calidad del agua de consumo se recomienda la aplicación de protocolos de mantenimiento del sistema de potabilización, así como la limpieza continua, el control de la temperatura del agua y el mantenimiento de una concentración residual de desinfectante (Thompson, 2004). Todo ello implica que los parámetros físico-químicos



y microbiológicos establezcan la calidad del agua por medio de la comparación de los resultados obtenidos con normas establecidas con la finalidad de garantizar una provisión de agua limpia y saludable (Arriaza et al., 2015).

1.3. Parámetros Físicos

1.3.1 Color

El color del agua es un parámetro organoléptico, de tal forma, que proporciona aceptabilidad al consumidor y su calidad depende tanto de su composición como del tratamiento que se realice. El agua puede adquirir diferentes tonalidades de color por medios naturales como los metales, materia orgánica en descomposición y microorganismos; en otras ocasiones, los sistemas de tuberías que conducen el agua potable se oxidan y si su composición es de cobre torna una coloración verde-azulada al agua (García, 2012).

El color se clasifica en “color aparente” que resulta de materia en suspensión, así como de sustancias disueltas en el agua y “color verdadero” se debe a la eliminación de la turbidez por medio de filtración o centrifugación (NMX, 2001).

1.3.2 Temperatura

La temperatura del agua tiene su origen en la asimilación de radiación solar, de tal modo que el agua capta estas radiaciones en sus capas superiores. Los niveles alcanzados tienen relación directa con diferentes procesos; algunos son, de tipo biológico que favorece el crecimiento de microorganismos y de tipo químico en el aumento de velocidad de las reacciones generando la disminución de oxígeno. La temperatura al ser un indicador de calidad del agua afecta el desempeño de otros parámetros del agua potable como el pH y conductividad (Barreto, 2010).

1.3.3 pH

Parámetro basado en la actividad del ión hidrógeno que indica el grado de acidez o alcalinidad que posee el agua. El valor de pH se representa con la siguiente ecuación:

$$\text{pH} = - \log_{10} [\text{H}^+]$$

El pH es un parámetro de interés en los procesos operativos de la planta por influir en la calidad del agua y su valor óptimo oscila entre 6,5 a 8. Si el agua es ácida provoca disgregación de plomo, cobre y zinc que forman parte de las tuberías de conducción, de



tal modo que el consumo de dichos metales a través del agua es perjudicial por su nivel de toxicidad y su riesgo en la salud (Pérez, 2016). En cambio, si el agua es básica cuyos niveles superan el valor de 9 se vuelve ineficaz en el proceso de cloración.

En relación a la coagulación, el pH tendrá un valor ideal con cada tipo de coagulante utilizado en el proceso de potabilización (Barrenechea, 2007).

1.3.4 Conductividad

El agua por su origen natural presenta iones disueltos con cargas positivas como sodio, calcio, potasio y magnesio, de igual manera con cargas negativas como son cloruro, sulfato, carbonato, bicarbonato. Todos estos proporcionan la conducción de la corriente eléctrica. En aguas naturales existe muchos factores responsables del aumento de la conductividad entre ellos, el tipo de terreno que atraviesa y con ello la disolución de rocas, materiales y sales que las contienen; también el tiempo de disolución, temperatura, gases disueltos y pH (Alcalde, 2006).

1.3.5 Turbidez

La turbidez del agua se debe a su contenido en materia orgánica e inorgánica dispersas en el medio líquido, de tal forma que provoca un aumento del color aparente en el agua. Favorece el crecimiento de los microorganismos por proporcionar la superficie para su nutrición y reproducción, además evita que se produzca los efectos de la desinfección al permanecer los microorganismos dentro de las partículas. Cuando la turbiedad es mayor a 5 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) y no se elimina hay la posibilidad de hallar microorganismos patógenos y bacterias como coliformes fecales, al igual que metales pesados adheridos a la materia en suspensión; por ello su valor debe ser menor a 5 NTU con el fin de evitar que el agua potable sea un medio de transporte de agentes dañinos para la salud. (Marcó, Azario, & Metzler, 2004)

1.4 Parámetros Químicos

1.4.1 Dureza

La dureza se define como la cantidad de iones metálicos que forma parte del agua, tales como calcio, magnesio, estroncio, hierro; encontradas en mayor proporción en el agua que los aniones de bicarbonato, sulfato, cloruros, nitratos y silicatos. Todas estas dependerán del tipo de formaciones calcáreas por el cual recorre el agua. La expresión del resultado de la dureza como equivalente de CaCO_3 viene dado por la diversidad de compuestos que participan en ella (Soto, 2010) (Comisión Nacional del Agua, 2016).

La dureza del agua se clasifica en dureza temporal, se debe al contenido de carbonatos y bicarbonatos que son eliminados por ebullición del agua y la dureza permanente llamada también dureza no carbónica tiene una característica opuesta a la temporal de no ser eliminada por ebullición por la presencia de sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros (Pérez, Aguirre, Ávila, & Vanegas, 2013). Para definir las características de dureza del agua potable se debe seguir estándares que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del agua según la concentración de la dureza total

Concentración (Ca⁺² más Mg⁺²)	Tipo
0 – 75 mg/L	Blanda
75 – 200 mg/L	Moderadamente dura
200 - 300 mg/L	Dura
>300 mg/L	Muy dura
Fuente:(Soto, 2010)	

La acción corrosiva se manifiesta con un valor de dureza menor a 100 mg/L y mayor a 200 mg/L con relación al pH y alcalinidad que ocasiona la aparición de incrustaciones en el sistema de distribución (OMS, 2006).

1.4.2 Alcalinidad

La alcalinidad en el agua natural o tratada usualmente es causada por la presencia de iones carbonatos y bicarbonatos asociados con los cationes sodio, potasio, calcio y magnesio con lo cual nos permite determinar la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Es un indicador de la calidad general del agua, debido a la capacidad amortiguadora que le proporciona, puesto que, a un pH muy elevado, la concentración de iones hidróxido es tan alta por lo que se necesita una cantidad significativa de ácido para neutralizar estos iones. Se debe tener en consideración que este parámetro no causa riesgos para la salud (NMX, 2001).

1.4.3 Cloro Libre

Existen diferentes formas de cloro empleadas en la desinfección, tales como: cloro gaseoso, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio y cal clorada; éstas reaccionan con el agua para formar ácido hipocloroso que posteriormente se disgrega en hipoclorito, conocidas a estas formas como cloro residual que continúa cumpliendo con el rol de



desinfectante. La acción bactericida del ion hipoclorito y ácido hipocloroso va a depender del pH del agua. Su función oxidante es responsable de la destrucción de agentes patógenos (especialmente las bacterias) y de varios compuestos responsables de malos sabores por lo que es utilizado como desinfectante en el agua de consumo humano (OMS, 2004).

1.4.4 Nitrato

El nitrato se encuentra presente en el agua de forma natural y sus concentraciones en aguas subterráneas y superficiales habitualmente son bajas; los niveles elevados pueden darse por diferentes sustancias como: fertilizantes orgánicos e inorgánicos, herbicidas, plaguicidas, desechos humanos y de animales. Entre las características que presenta el nitrato es su fácil disolución en el agua y no proporciona sabor ni olor en la misma. El consumo elevado de nitrato es el principal causante de la enfermedad denominada metahemoglobinemia, mostrando mayor afección en los niños, cuyo principal síntoma es la dificultad respiratoria por la ausencia de oxígeno, alteración que se lleva a cabo en la sangre. Proceso que se lleva a cabo por la reducción de nitrato a nitrito por la acción bacteriana, luego el nitrito formado oxida el hierro y transforma la hemoglobina a metahemoglobina (OMS, 2003).

1.4.5 Nitrito

El nitrito se encuentra de forma natural tanto en el agua superficial como en la subterránea, siendo menos estable que el nitrato, al encontrarse en un medio de baja oxigenación puede actuar como agente oxidante y reductor, siendo la principal causa para que los nitritos se transformen rápidamente en nitratos. La concentración de nitrito en el agua es indicador de contaminación bacteriológica de carácter fecal ya que las bacterias son las responsables de la reducción del nitrato. Grandes cantidades de nitrito van a reaccionar dentro del organismo con aminas y amidas secundarias como terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígeno (Sawyer & Parkin, 2000).

1.4.6 Sulfato

Los sulfatos están presentes en concentraciones variables en la naturaleza por estar en contacto con suelos ricos en yesos (sulfato de calcio), entre otros como sulfato de magnesio y sulfato de sodio, estos son solubles en el agua excepto sulfato de calcio. Poseen un carácter organoléptico indeseable para el consumidor de tipo amargo y altas concentraciones en el organismo puede ocasionar un impacto en la salud siendo



responsable del efecto laxante conjuntamente con deshidratación e irritación gastrointestinal (OMS, 2003).

1.4.7 Hierro

Es un metal que se encuentra de forma natural en el agua como ferroso soluble e insoluble y artificialmente por utilizar coagulantes que están compuestos por hierro en el proceso de tratamiento del agua, de igual manera influye la corrosión de tuberías desprendiendo este metal de su estructura y añadiéndose al agua de consumo. El hierro es responsable de un sabor, olor y color desagradable en el agua, así como de manchas rojizas en la ropa, platos y utensilios. El exceso de hierro se deposita en los tubos de cañerías, tanques y calefones causando disminución en el flujo y presión del agua (Vega, 2016).

El abastecimiento del agua potable debe cumplir requisitos con el fin de considerar agua apta para el consumo humano, es por ello que el estudio se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana de agua potable, INEN 1108:2014 que señala los límites permitidos de los parámetros de color, turbiedad, cloro residual, nitrito, nitrato y coliformes fecales. Debido a la ausencia de información del resto de parámetros se consideró la Norma INEN 1108:2006 por contener los límites más actuales con relación a los parámetros de pH, dureza total, hierro y sulfato.

Los parámetros de temperatura, conductividad y alcalinidad total se tomaron de los países de América debido a que establecen este tipo de normas utilizando como referencia las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable. Como en el caso de Costa Rica y Argentina que se logró obtener la norma respectiva, señaladas en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de referencia de los parámetros físicos, químicos y microbiológico del agua potable

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido	Referencia
Características Físicas			
Color	UC Pt/Co	15	Norma INEN 1108. (2014)
Turbiedad	NTU	5	Norma INEN 1108. (2014)
pH		6,5 a 8	Norma INEN 1108. (2006)
Características Químicas			
Temperatura	°C	18 a 30	Decreto N° 32327-S Costa Rica (2005)
Conductividad	uS / cm	400	Decreto N° 32327-S Costa Rica (2005)
Dureza total	mg/L	300	Norma INEN 1108. (2006)
Alcalinidad total	mg/L	400	AYSA (Agua y Saneamiento Argentino)
Cloro residual	mg/L	0.3 a 1.5	Norma INEN 1108. (2014)
Hierro	mg/L	0.3	Norma INEN 1108. (2006)
Nitrito	mg/L	3	Norma INEN 1108. (2014)
Nitrato	mg/L	50	Norma INEN 1108. (2014)
Sulfato	mg/L	200	Norma INEN 1108. (2006)
Requisito Microbiológico			
Coliformes fecales (Filtración por membrana)	ufc/ 100 ml	< 1	Norma INEN 1108. (2014)

< 1 significa que no se observan colonias.

1.5 Parámetros Microbiológicos

El análisis microbiológico del agua corresponde al reconocimiento de indicadores de contaminación fecal como *Escherichia coli* y *coliformes totales* (Pullés, 2014).



1.5.1 Coliformes totales

Grupo de bacterias pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae, considerados bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulados. Capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 horas a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. No están relacionadas directamente con la contaminación fecal y no son un riesgo mayor para la salud; sin embargo, son indicadores de descomposición de cuerpos en el agua (Pullés, 2014).

De entre el grupo de coliformes totales (*Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*), se destacan *Enterobacter* y *Klebsiella* porque suelen crecer en el interior de tuberías y tanques de reserva, puesto que para su desarrollo necesitan nutrientes, temperaturas y bajos niveles de desinfectantes. La presencia de coliformes totales en agua potable indica contaminación por inconsistencias en el tratamiento, red de distribución o en las fuentes domiciliarias por lo que se debe iniciar las correcciones oportunas en el procesamiento del agua e intensificar la vigilancia en la red de distribución con el propósito de mantener el control de calidad (Arcos, Ávila, Estupiñán, & Gómez, 2005).

1.5.2 Coliformes fecales

Son indicadores de la calidad del agua por ser de origen fecal y está representados por *E. coli*. Los coliformes fecales son parte del grupo de coliformes totales, pero lo diferencia del resto por ser indol positivo y termotolerantes, puesto que resisten temperaturas hasta 45°C .

El indol es un complejo de color rojo formado por la reacción entre el indol que se obtiene del hidrólisis y desaminación del triptófano por la enzima triptofanasa bacteriana y el grupo aldehído del p-dimetilaminobenzaldehído (Reñé, 2015).

Escherichia coli. Pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es un bacilo gram negativo, aerobio facultativo como oxidativo, la energía necesaria lo adquiere del proceso de óxido reducción y de sustratos orgánicos, también es oxidasa negativa y catalasa positiva. Presenta crecimiento en agar nutritivo en el cual muestra colonia lisas y rugosas a una temperatura óptima de 37°C .

Su origen natural se encuentra en el tracto entérico del hombre y de los animales y se destaca por la característica de emanar fluorescencia azul/verde al iluminar con luz ultravioleta; cuyo resultado es causa de la acción de enzima B-D- Glucoronidasa, que degrada el sustrato 4-metilumbeliferil- β -D glucorónico (MUG), formando 4-metilumbeliferon (Reñé, 2015) (Aquila, 2007).



El agua y alimentos son formas comunes de contaminación por *E.coli* que implica la transmisión de enfermedades, las cepas dañinas son los siguientes: Enterotoxigénico (ETEC), Enteropatógeno (EPEC), Enteroinvasivo (EIEC), Enterohemorrágico (EHEC), todas tienen como síntoma común la diarrea y EHEC en ciertas ocasiones progresa con daño renal hasta el síndrome urémico hemolítico potencialmente fatal (Rock & Rivera, 2014).

1.6 Potabilización del agua de la planta de Cachiyacu

Para la potabilización del agua se inicia con agua cruda proveniente de fuentes naturales, al que se le somete al proceso de potabilización que incluye métodos físicos y químicos que son necesarios en la eliminación de turbiedad e impurezas de tipo orgánico, inorgánico y biológico. (Casero, 2008)

1.6.1 Desbaste

Es un proceso físico y mecánico previo a la potabilización del agua, que está ubicado en la captación. El cual impide el paso de sólidos tamaño considerable, entre ellas, ramas, hojas, plásticos, otros residuos; por medio de la instalación de rejillas, proceso denominado desbaste.

El objetivo es evitar posibles obstrucciones en las unidades de tratamiento y así aumentar la eficacia del proceso (Casero, 2008). En el proceso de pretratamiento la planta posee rejillas de acero en forma vertical y mallas se ubican en la captación Chorro Blanco al igual que a mitad de su recorrido.

1.6.2 Captación

La planta de tratamiento de agua potable que abastece al centro cantonal de Paute se ubica en el sector de Cachiyacu perteneciente a la parroquia de Bulán, pues recibe un flujo de agua superficial de la captación denominada Chorro Blanco, que se ubica a 14 Km desde la planta y su caudal corresponde a 32 litros/segundo (lt/seg). La forma de conducción se realiza por medio de dos tuberías, una de asbesto de 150 mm de diámetro y otra de PVC (policloruro de vinilo) de 110 mm; de tal forma que abarca una distancia aproximada de 4 Km, llegando de esta manera el agua cruda a la planta potabilizadora.

1.6.3 Coagulación – Flocculación

En estos procesos se añade coagulantes como sulfato de aluminio, sulfato de cloruro y cal por día; ésta adición permitirá desequilibrar las partículas y desplazarlas por medio



de la floculación que consiste en formar aglomerados, para ello las partículas desestabilizadas colisionan entre sí y forman flóculos. Estos dos procesos son los responsables de eliminar tanto la turbiedad y color; así como bacterias, virus, y organismos patógenos presentes en el agua (Segura, 2012). El tipo de floculadores usados en la planta son hidráulicos de flujo horizontal.

1.6.4 Sedimentación

Por acción de la gravedad, las partículas formadas se separan del flujo de agua y caen en el fondo del tanque (Casero, 2008).

1.6.5 Filtración

Es el proceso que consiste en la retención de partículas en suspensión del agua a través de un lecho filtrante poroso que pueden ser de arena más antracita o bien carbón activo en grano. Esta fase es importante en el cumplimiento de las pautas de calidad por detener el paso de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos como bacterias y virus (Chulluncuy, 2011). En la planta se emplea la combinación de capas de grava, arena y carbón activado para aumentar la eficacia en este punto.

1.6.6 Desinfección

La desinfección se basa en la utilización de agentes químicos como el cloro, el bromo, el yodo, el ozono, el permanganato de potasio, el agua oxigenada y los iones metálicos. Estos agentes permiten la muerte de determinados organismos infecciosos como las bacterias y la resistencia de quistes de *Giardia lamblia*; ya que, no todos los agentes infecciosos se eliminan en esta etapa y necesitan los procesos anteriormente mencionados. El cloro es el agente más utilizado en la desinfección del agua, por ser barato y de fácil uso; también se evita posibles olores, eliminación del hierro, y del color. El desinfectante utilizado en la planta de Cachiycu es el cloro en gas eliminando microorganismos patógenos existentes en el agua (González, 2004). El proceso de potabilización de la planta Cachiycu se observa en el anexo 1.

1.6.7 Almacenamiento

El agua potabilizada se almacena en tanques, del cual es distribuida por la red a los domicilios. El almacenamiento de agua debe cubrir la demanda de la población por lo tanto el tamaño de los tanques debe ser mayor a la demanda actual.

2. METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Es un estudio analítico, descriptivo de corte transversal no experimental.

2.2 Área de estudio

El estudio del control de calidad de agua se realizó en la zona urbana del cantón Paute, abastecida por la planta de Cachiyacu ubicada en la parroquia Bulán. El área urbana está formada por 14 barrios: Luntur, Centro 1, Pirincay, Playa, Calvario, Pancalle, Zhumir, Don Bosco, Los Sauces, Centenario, 11 de Febrero, Asociación de Trabajadores, Peñas, Jardines de Paute.

2.2.1 Cálculo del número de muestras de la zona urbana

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

De donde:

n = número de muestras del estudio.

N = número de medidores de agua potable que conforman la zona central del cantón.

Z_{α^2} = indica el nivel de confianza o seguridad para estimar el parámetro real de la población, para un nivel de significancia del 95% $Z_{\alpha}=1.96$.

p = proporción esperada obtenida de las proporciones encontradas en otras investigaciones. Al no conocer la proporción esperada, se usó el valor de 0.5 que maximiza el tamaño de la muestra.

$q = 1-p$

d = precisión con la cual se desea estimar el parámetro. El error máximo aceptado es 10% (Aguilar-Barojas, 2005).

Por lo tanto:

$$n = \frac{1566 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2(1566 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 90.54 = 91 \text{ Muestras}$$



2.3 Muestreo

Para la ejecución del estudio se analizaron un total de 110 muestras correspondientes a la captación, planta y red de distribución durante 8 semanas en el periodo comprendido entre Enero – Marzo del 2018.

De los cuales: 8 muestras fueron analizadas en captación, 8 en la planta y 91 muestras de la red de distribución, sin embargo, por petición del departamento de agua potable del municipio de Paute se adicionaron 3 que suman 94 muestras. En relación a la frecuencia del muestreo, una vez por semana se tomó de captación y de planta dos veces por semana de red de distribución empezando a las 7:00 am y 8:00 am para planta como captación.

Durante las seis primeras semanas de estudio se analizó dos barrios por semana con un promedio de 15 - 16 muestras, del cual las 13 - 14 muestras pertenecen a la red de distribución tomadas de manera aleatorio debido al tamaño del área ocupada por cada barrio, adicionando una muestra de planta y una muestra captación. Las dos últimas semanas con un total de 8 - 9 muestras incluidas planta, captación.

La determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos se analizaron a cada muestra, cumpliendo de esta manera con los dos meses de estudio.



Tabla 3. Cronograma de Muestreo para el análisis

Semana	Barrios	N° de muestras red de distribución	N° de muestras planta-captación	N° de muestras semanales.
1	Luntur	7	2	15
	Playa	6		
2	Don Bosco	9	2	16
	Aso. De trabajadores	5		
3	Centro	8	2	16
	Sauces	6		
4	Zhumir	6	2	16
	Pirincay	8		
5	Centenario	7	2	15
	Jardines de Paute	6		
6	Pancalle	7	2	15
	11 de Febrero	6		
7	Calvario	6	2	8
8	Peñas	7	2	9
Total		94	16	110

2.3.1 Toma de muestra

- En la red de distribución previo a la toma de muestra se utilizó los equipos de protección (guantes estériles, mandil), y se recolectó las muestras en frascos estériles de 1000 mL tanto para el análisis físico-químico como para microbiológico y hojas para el registro de datos.
- Se etiquetó el frasco con los datos de la muestra, nombre del lugar, fecha y hora.
- Se apartó los complementos (mangueras, boquillas y filtros de plástico) de las válvulas de los grifos y se desinfectó la zona de salida del agua del grifo con algodón empapado de alcohol.
- Se abrió la llave y dejó fluir el agua de 1-2 minutos, con la finalidad de que se descarte cualquier tipo de contaminación que arrastre el agua a su paso (Maure, s. f.).
- Se llenó el frasco y cerró herméticamente.
- El transporte se realizó en cooler con geles refrigerantes cuya temperatura de fue de 2 – 5 °C (requisito para el análisis microbiológico) hasta llegar al laboratorio ubicado en la planta de Cachiyacu en Bulán. Ver la toma de muestra en el anexo 9.
- En la planta de potabilización, la muestra se tomó del tanque de reserva con una profundidad media y se procuró no tocar las paredes del tanque.
- En la captación se tomó la muestra en contra de la corriente, en una zona que el agua se encontró en movimiento con el fin de evitar estancamientos.

2.4 Socialización con la población del cantón de Paute

El 23 de marzo del 2018 se realizó la I FERIA DE EXPOSICIÓN NATURAL Y CULTURAL DEL DÍA DEL AGUA; organizado por departamento de agua potable del cantón, con diferentes temas a exponer. En el cual nos entregaron certificados de exposición por dar a conocer los análisis que se realizan en el laboratorio, requisitos necesarios para considerar agua apta para el consumo humano. Ver el anexo 11.



2.5 Materiales y Equipos

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Celdas de vidrio 10 mL• Celdas de vidrio 25 mL• Vaso de precipitación de 250 mL• Soporte metálico.• Bureta de 25 mL• Pipetas de 10 mL• Probetas de 100 mL• Filtro de membrana	<ul style="list-style-type: none">• Fotómetro portátil, modelo HI 96727 (España)• Turbidímetro, modelo HACH 2100Q01 (Estados Unidos)• Medidor portátil de pH, temperatura y conductividad, modelo MILWAUKEE MI806 MARTINI MULTI (México)• Colorímetro portátil, modelo HACH DR/800 (Estados Unidos)• Equipo de filtración• Estufa BIOBASE (China)	<ul style="list-style-type: none">• Ácido etilen-diamino-tetraacético (EDTA 0.01 N)• Buffer pH 10 (NET)• Ácido sulfúrico 0,02 N• Fenoftaleina• Naranja de metilo• Cloro libre DPD (N-N-dietil-p-fenileno-diamina)• Ferro Ver 3. (fenantrolina)• Nitri Ver 3. (ácido sulfanílico)• Nitra Ver 5. (cadmio metálico, ácido sulfanílico, ácido gentísico)• SulfaVer 4. (bario)• Placa con medio Cromocult

2.6 Métodos y técnicas de los parámetros físicos

2.6.1 Determinación de Color

La medición que se basa en la comparación del color de la muestra de agua con una escala normalizada de referencia como platino-cobalto. Para ello se utilizó un fotómetro



portátil que posee un sistema óptico y emite lecturas inferiores a 500 PCU (Unidades de Platino Cobalto). El método estándar de platino cobalto mide la unidad de color que produce un miligramo de platino por litro en forma de ion cloroplatinato (MX, 2001).

2.6.2 Determinación de Turbiedad

La turbiedad del agua es manifestada por el carácter óptico, en la que se establece una comparación entre la magnitud de absorción de luz dispersada por la muestra con una solución de referencia en las mismas condiciones (Duque, 2007). Para el análisis se emplea el turbidímetro presentar detectores de luz dispersa localizada a 90° del haz incidente, dando precisión y sensibilidad mayor en comparación con otros métodos visuales. Su rango de medición es 0–1000 NTU (unidades de turbiedad nefelométrica) (*Turbidímetro portátil 2100Q*, 2017).

2.6.3 Determinación de pH

En la medición del pH se utiliza el método potenciométrico. El medidor portátil consta de dos electrodos, uno de vidrio que valora el potencial originado a causa de actividad del ion hidrógeno presente en el agua, y el otro electrodo es un medio de referencia de potencial constante. Los electrones se encuentran combinados o separados (Pérez, 2012).

2.6.4 Determinación de Temperatura

La temperatura consiste en medir el nivel calorífico que posee el agua y su resultado se representa en grados Celsius (°C). El uso de un medidor portátil que proporciona la medición de la temperatura de la muestra de agua por medio de un electrodo, que debe estar en contacto con la muestra hasta llegar al equilibrio térmico (NM, 2013).

2.6.5 Determinación de Conductividad

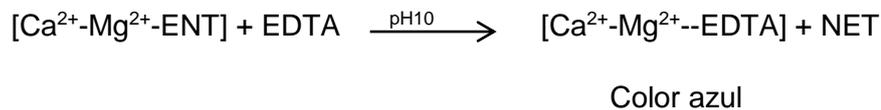
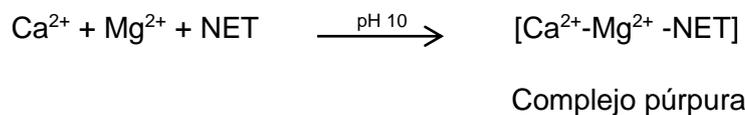
La conductividad permite conocer el nivel de mineralización del agua natural, así como del agua potable y para ello se usa un conductímetro. El conductímetro portátil utilizado, emite un campo eléctrico por medio de electrodos y la resistencia eléctrica que aplique la solución (NM, 2000).

2.7 Métodos y técnicas de los parámetros químicos

2.7.1 Determinación de Dureza Total

El método que se utilizó para medir la dureza es por titulación con Ácido etilen-diamino-tetraacético (EDTA), puesto que permite determinar la concentración de calcio como de magnesio.

Se basa en la formación de un quelato soluble entre ácido etilen-diamino-tetraacético y los metales alcalinoterreos como calcio y magnesio presentes en la muestra de agua. La adición de un buffer pH 10 (cloruro amónico/amoniaco) a la muestra permite controlar las interferencias y aumentar la selectividad en la valoración. Posteriormente se adiciona pequeña cantidad de indicador negro de eriocromo T (NET) que reaccionan con los dos cationes y la solución toma un color rojo vino; la adición final del titulante ácido etilen-diamino-tetraacético permite que se asocien con los iones calcio y magnesio, dando como resultado un color azul (Rodríguez, 2010) (Universidad Pablo Olavide, 2005).

Reacciones:

Se emplea la siguiente fórmula para cálculos de la dureza total:

$$\text{Dureza total mg/L} = \frac{V_{\text{EDTA}} \times N \times \text{mEqCaCO}_3 \times 1000 \times 1000}{\text{vol de muestra.}}$$

De donde:

- V_{EDTA} = volumen de etilen-diamino-tetraacético obtenido de la titulación.
- Volumen de la muestra = 50 mL.
- $N = 0.02$ normalidad de etilen-diamino-tetraacético.
- mEq = miliequivalentes de carbonato de calcio.
- 1000: factor para transformar a mg.
- 1000: factor para transformar a L.

2.7.2 Determinación de Alcalinidad Total

El análisis se realiza mediante titulación en el cual se valora principalmente las bases como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Para dicho proceso se utiliza ácido sulfúrico 0,02 normalidad que proporcionan iones hidrógeno encargados de neutralizar dichas bases y el indicador naranja de metilo. Los puntos de equivalencia que presenta la titulación del bicarbonato corresponden a un pH 8,3 y del ácido carbónico a un pH

4,5; los cuales son mostrados por la coloración que presentan los indicadores en la muestra. Así con el indicador fenolftaleína a un pH mayor de 8,3 vira a color rosado. En cambio, con el indicador naranja de metilo utilizado en la alcalinidad total a un pH de 4,5 vira de amarillo a anaranjado en medio ácido (Sawyer & Parkin, 2000).

Se emplea la siguiente fórmula para cálculos de la alcalinidad total:

$$\text{Alcalinidad total mg/L} = \frac{V_H \times N \times \text{mEqCaCO}_3 \times 1000 \times 1000}{\text{vol de muestra.}}$$

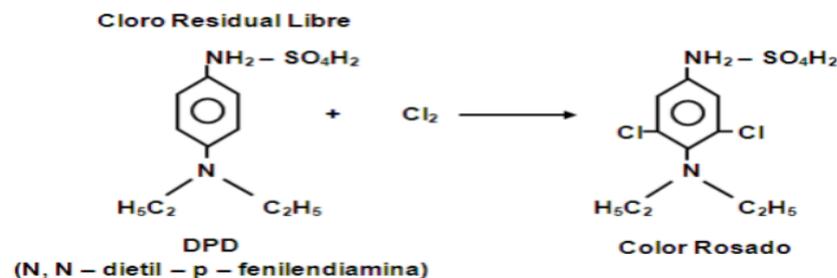
De donde:

- V_H = volumen del ácido sulfúrico obtenido de la titulación.
- Volumen de la muestra = 50 mL
- N = 0.02 normalidad del ácido sulfúrico.
- mEq = miliequivalentes de carbonato de calcio.
- 1000: factor para transformar a mg.
- 1000: factor para transformar a L.

2.7.3 Determinación de Cloro residual

Para el análisis se utiliza el reactivo DPD (N-N-dietil-p-fenileno-diamina), si en la muestra existe cloro se presentará en forma de ácido hipocloroso o como ion hipoclorito denominado como cloro libre, este se unirá con el indicador DPD (N-N-dietil-p-fenileno-diamina), dicha reacción da lugar a una coloración rosada. Esta reacción se observa en la gráfica 1. La intensidad de color presente en la muestra va a depender de la concentración de cloro. Los resultados de los análisis se miden a 530 nm (HACH, 2000).

Gráfica 1. Reacción entre Cloro libre y DPD



Fuente: (Orellana & Calderon., 2015)

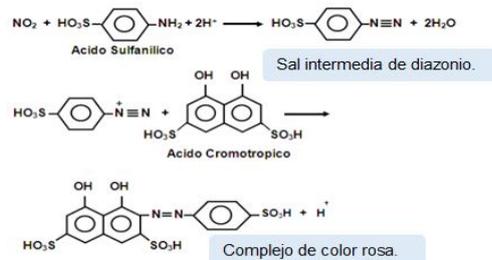
2.7.4 Determinación de Nitrato

Para el análisis se requiere el reactivo de nitrato denominado Nitra Ver 5 de la HACH, que contiene cadmio metálico y reduce el nitrato a nitrito presente en la muestra. El ion de nitrito se une en un medio ácido con el ácido sulfanílico para dar lugar a una sal intermedia de diazonio, esta sal formada reacciona con el ácido gentísico cuyo resultado final es una coloración ámbar. Los resultados del análisis se miden a 500nm. Se puede producir interferencia con: nitrito, hierro férrico, sustancias muy reducidas u oxidantes y cloruro (HACH, 2000).

2.7.5 Determinación de Nitritos

Para el análisis se requiere el reactivo de nitritos denominado Nitri Ver 3 de la HACH, si hay la presencia de nitrito en la muestra se unirá con el ácido sulfanílico contenido en el reactivo y formará una la sal de diazonio intermedia, que posteriormente reaccionará con el ácido cromotrópico para dar como resultado un complejo de color rosa. Esta reacción se observa en la gráfica 2. Este color es proporcional a la cantidad de nitrito presente. Se puede producir interferencia con: sustancias fuertemente oxidantes y reductoras, iones cúpricos, ferrosos y férricos que interfieren causando precipitación. Los resultados de los análisis se miden a 530 nm (HACH, 2000).

Gráfica 2 Reacción entre el nitrito y el reactivo Nitri Ver 3



Fuente: (Orellana & Calderon., 2015)

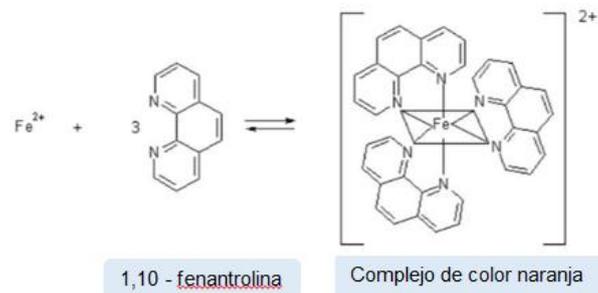
2.7.6 Determinación de Sulfatos

Se utilizó el reactivo de sulfato denominado Sulfa Ver 4 de la HACH, para el análisis en cual los iones de sulfato presentes en la muestra van a reaccionar con el bario cuyo resultado da lugar a una turbidez de sulfato de bario insoluble. La cantidad de turbidez que se forme va depender de la concentración de sulfato. Los resultados son analizados a 530 nm (HACH, 2000).

2.7.7 Determinación de Hierro

Para la determinación del hierro se utiliza el reactivo de hierro denominado Ferro Ver de la HACH. Si las muestras presentan hierro ya sea de tipo soluble, insoluble o ambos, se unirá al indicador 1,10-fenantrolina contenido en el reactivo dando como resultado una coloración naranja. Esta reacción se observa en la gráfica 3. La intensidad de color dependerá de la concentración de hierro. Los resultados de los análisis se miden a 530 nm (HACH, 2000).

Gráfica 3 Reacción entre el hierro y el reactivo Ferro Ver



Fuente: (Orellana & Calderon., 2015)

2.8 Métodos y técnicas de los parámetros microbiológicos

2.8.1 Determinación de Coliformes fecales

En la determinación de coliformes fecales se utilizó el método de filtración por membrana, que indica la norma *INEN 1108:2014*. Para ello la muestra se pasa a través del filtro de membrana que presenta afinidad por el agua por lo tanto su naturaleza es hidrofílica que va actuar como una barrera al retener en su superficie microorganismos de mayor tamaño que el poro (0.45 μm); es importante mencionar la ausencia de sustancias químicas que no alteren el crecimiento y desarrollo de coliformes (Carrillo, E. & Lozano, A., 2008). Posteriormente crecerán en el medio Cromocult a temperatura de $36^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ por 24 horas. El procedimiento para la determinación hierro se observa en el Anexo 2.

Los materiales para la determinación de coliformes fecales constan de caja petri que contiene el agar para el crecimiento de *E. Coli* y filtro de membrana que se describirá a continuación.

- El tipo de filtro de membrana utilizada en este proceso es nitrato celulosa puesto que su microestructura es uniforme por ende permitirá una retención eficaz de las partículas, de forma adicional las cuadrículas que presenta en la membrana

mejora la visualización, así como el conteo de colonias (Carrillo, E. & Lozano, A., 2008)

- Además, el agar Chromocult es un medio de cultivo selectivo para el crecimiento de coliformes que muestra una característica de color rojo asalmonado a causa de la separación del sustrato Salmon-GAL por la β -D-galactosidasa, enzima presente en las bacterias coliformes. De forma similar se produce el crecimiento de *E. coli* de color entre azul oscuro y violeta, por la doble división de los sustratos X-glucurónido por la β -D-glucuronidasa y Salmon-GAL por la β -D-galactosidasa, enzimas propias de *E. coli*. Además, el medio contiene heptadecilsulfato sódico, reactivo encargado de inhibir el crecimiento de bacterias gram-positivas para no afectar en su desarrollo al grupo coliforme y *E.Coli* («Chromocult, Agar para coliformes», 2014)

Los procedimientos de color, turbiedad, pH, temperatura, conductividad, dureza total, alcalinidad total, cloro residual, nitrato, nitrito, sulfato, hierro y coliformes fecales se observan en el anexo 2.

2.9 Medición de la distancia desde la planta potabilizadora hacia los barrios

Se usó un GPS modelo GARMIN ETREX H para medir la distancia desde la planta a cada barrio y relacionar con los valores de cloro residual presentes en las muestras. El mapa de cada barrio con sus respectivas distancias a la planta se observan en el anexo 6 y 7. Debido a que la Organización Panamericana de la Salud (OPS) menciona que el control del cloro residual debe realizarse con el grifo más lejano en relación con la planta para descartar una posible contaminación en la red (OPS, 1999).

2.10 Manejo estadístico de los datos

Para el estudio estadístico se utilizó el programa SPSS en el cual se realizó un análisis descriptivo cuyas medidas de tendencia calculadas fueron: media con un nivel de confianza del 95%, desviación estándar (DE), mínimo y máximo de planta, captación y red de distribución.

Además, se aplicó el Análisis de Varianza ANOVA que proporciona datos estadísticos con un nivel de significancia del 5%, establece si existe variabilidad media de los parámetros físico-químicos y microbiológico en los barrios de la zona central del cantón Paute.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron los parámetros físico-químicos color, pH, temperatura, turbiedad, conductividad, dureza total, alcalinidad total, hierro, sulfatos, nitratos, nitritos, cloro libre y el parámetro microbiológico coliformes fecales para red de distribución (14 barrios), planta y captación. Ver en el anexo 3 y 4.

De los resultados obtenidos se calcularon medias, desviación estándar, mínimo y máximo de cada uno de los parámetros ya mencionado. En los cuales se evidenciaron que las medias de cloro residual y pH en los barrios Jardines de Paute y Luntur respectivamente, mostrando valores inferiores al límite mínimo permitido. Mientras que la temperatura en los barrios Centenario y Zhumir resultaron con medias superiores al límite máximo permitido. Que se observan en la tabla 4.



Tabla 4. Medidas de tendencia del control en la red de distribución

Barrios	Parámetros Físicos			
	Medidas de Tendencia	Color UC Pt Co	pH	Turbiedad NTU
Luntur	\bar{X}	0	8.1	0.89
	DE \pm	0	± 0.8	0.37
	Min-Max	0	7.8 - 9.9	0.64 - 1.67
Centro	\bar{X}	0	7.90	0.78
	DE \pm	0	± 0.8	0.22
	Min-Max	0	6.8 - 9.4	0.51 - 1.08
Pirincay	\bar{X}	0	7.90	1.18
	DE \pm	0	± 0.21	0.47
	Min-Max	0 - 10	7.8 - 8.4	0.72 - 1.87
Playa	\bar{X}	1.25	7.30	0.73
	DE \pm	3.5	± 0.50	0.16
	Min-Max	0	6.8 - 7.8	0.45 - 0.9
Calvario	\bar{X}	0	6.90	1.01
	DE \pm	0	± 0.20	0.61
	Min-Max	0	6.8 - 7.2	0.57 - 2.2
Pancalle	\bar{X}	0	6.70	0.83
	DE \pm	0	± 0.50	0.27
	Min-Max	0	6.2 - 7.2	0.53 - 1.18
Zhumir	\bar{X}	0	6.80	1.03
	DE \pm	0	± 0.6	0.2
	Min-Max	0	6.2 - 7.8	0.72 - 1.36
Don Bosco	\bar{X}	0	7.40	0.83
	DE \pm	0	± 1.2	0.6
	Mínimo	0	6.2 - 10.6	0.52 - 2.39
Sauces	\bar{X}	0	6.80	1.36
	DE \pm	0	± 0.4	1.3
	Min-Max	0	6.2 - 7.2	0.54 - 4
Centenario	\bar{X}	0	6.50	0.69
	DE \pm	0	± 0.3	0.18
	Mínimo	0	6.2 - 6.8	0.44 - 0.93
11 de Febrero	\bar{X}	0	7.40	0.54
	DE \pm	0	± 0.7	0.07
	Min-Max	0	6.2 - 7.8	0.44 - 0.63
Asociación de Trabajadores	\bar{X}	0	7	0.54
	DE \pm	0	± 0.8	0.08
	Min-Max	0	6.2 - 7.8	0.43 - 0.64
Peñas	\bar{X}	0	7.50	0.59
	DE \pm	0	± 0.3	0.13
	Min-Max	0	7.2 - 7.8	0.39 - 0.73
Jardines de Paute	\bar{X}	0	7.20	1.09
	DE \pm	0	± 0.32	1.17
	Min-Max	0	6.8 - 7.8	0.45 - 3.45



Parámetros Químicos										
Barrios	Medidas de Tendencia	Temperatura °C	Conductividad ad uS/cm	Dureza T. mg/L	Alcalinidad T. mg/L CaCO3	Cloro R. mg/L	Hierro mg/L	Nitrito mg/L	Nitrato mg/L	Sulfato mg/L
Luntur	Ā	19.3	113.70	231.60	170.90	0.89	0.07	0.03	2.5	18.6
	DE ±	± 0.5	± 6.3	± 48.8	± 15.9	± 0.3	± 0.04	± 0.02	± 2.9	± 8.2
	Min-Max	19 - 20.5	105 - 123	121 - 250	152 - 198	0.61 - 1.39	0.02 - 0.15	0.01 - 0.07	1.1 - 9	1 - 24
Centro	Ā	19.5	122	134.5	190.5	0.91	0.07	0.03	3.8	24.60
	DE ±	± 1.3	± 1.9	± 46.8	± 10.7	± 0.4	± 0.02	± 0.04	± 4.0	± 9.8
	Min-Max	18 - 21	118 - 125	110 - 250	178 - 210	0.1 - 1.49	0.04 - 0.1	0.01 - 0.12	1.3 - 11.5	1 - 30
Pirincay	Ā	20.70	117.8	188.5	175.5	0.94	0.05	0.040	3.10	18.40
	DE ±	± 0.7	± 4.9	± 66.4	± 41.8	± 0.16	± 0.05	± 0.01	± 3.8	± 8.1
	Min-Max	19.6 - 21.5	115 - 129	120 - 250	102 - 254	0.62 - 1.13	0 - 0.13	0.02 - 0.06	1.4 - 12.4	13 - 38
Playa	Ā	18.30	119.20	228.30	155.70	1.06	0.05	0.02	2	28.30
	DE ±	± 0.3	± 0.4	± 53.1	± 9.4	± 0.3	± 0.03	± 0.01	± 0.5	± 2.8
	Min-Max	18 - 18.7	119 - 120	120 - 250	148 - 174	0.41 - 1.28	0.02 - 0.09	0.01 - 0.03	1.6 - 2.9	23 - 31
Calvario	Ā	19.90	58.80	43.70	73.60	0.99	0.06	0.020	1.60	11.5
	DE ±	± 0.9	± 1.6	± 9.7	± 4.6	± 0.24	± 0.03	± 0.01	± 0.5	± 2.5
	Min-Max	18.7 - 21.1	57 - 61	24.4 - 50	66 - 78	0.51 - 1.13	0.02 - 0.08	0.01 - 0.04	1 - 2.5	8 - 14
Pancalle	Ā	18.30	87.90	77.90	109.40	1.36	0.06	0.03	1.90	19.40
	DE ±	0	± 30	± 32	± 38	± 0.23	± 0.03	± 0.01	± 0.3	± 6
	Min-Max	18 - 18.6	63 - 121	49 - 117	70 - 154	1.05 - 1.6	0 - 0.1	0.02 - 0.04	1.7 - 2.5	14 - 27
Zhumir	Ā	17.75	119	108	143.30	0.90	0.04	0.04	2.3	27.70
	DE ±	± 0.5	± 0.6	± 6.5	± 3.2	± 0.17	± 0.02	± 0.02	± 0.7	± 4.1
	Min-Max	17 - 18.5	118 - 120	99 - 115	138 - 146	0.72 - 1.12	0.01 - 0.07	0.01 - 0.06	1.2 - 3.3	23 - 33

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Don Bosco	\bar{X}	19.10	112.30	103.90	152.40	0.38	0.06	0.06	5.40	18.70
	DE \pm	± 0.7	± 14.9	± 15.8	± 23.1	± 0.46	± 0.04	± 0.03	± 6.4	± 6.9
	Mínimo	18.3 - 20.5	73 - 121	63 - 115	135 - 212	0.02 - 1.32	0.01 - 0.12	0.021 - 0.12	1.2 - 19.6	2 - 25
Sauces	\bar{X}	16.90	115.70	117.30	148.30	0.77	0.17	0.06	2.9	24.20
	DE \pm	± 0.7	± 2	± 17.9	± 1.8	± 0.53	± 0.31	± 0.01	± 0.4	± 3.2
	Min-Max	15.9 - 17.7	113 - 118	103 - 152	146 - 151	0.18 - 1.28	0.01 - 0.81	0.04 - 0.07	2.4 - 3.4	20 - 28
Centenario	\bar{X}	17.90	62.70	64.70	70.60	0.57	0.06	0.05	2.80	16.90
	DE \pm	± 0.2	± 1.5	± 6.6	± 3.99	± 0.25	± 0.04	± 0.01	± 1.5	± 0.9
	Mínimo	17.7 - 18.1	62 - 66	54 - 71	64 - 77	0.09 - 0.87	0.03 - 0.12	0.03 - 0.06	1.4 - 5.6	15 - 18
11 de Febrero	\bar{X}	16.8	115.80	109.20	151.70	1.09	0.08	0.05	2.30	26
	DE \pm	± 0.8	± 1	± 4.3	± 3.5	± 0.31	± 0.04	± 0.02	± 0.8	± 4.9
	Min-Max	15.8 - 17.8	114 - 117	105 - 114	148 - 157	0.5 - 1.35	0.01 - 0.12	0.03 - 0.08	1.6 - 3.7	17 - 30
Asociación de Trabajadores	\bar{X}	19.3	121.2	110.8	152	1.28	0.09	0.06	2.3	34
	DE \pm	± 0.4	± 0.8	± 2.7	± 4.5	± 0.02	± 0.03	± 0.01	± 0.8	± 2.1
	Min-Max	18.6 - 19.5	120 - 122	108 - 114	150 - 160	1.26 - 1.31	0.06 - 0.12	0.03 - 0.07	1.6 - 3.8	32 - 37
Peñas	\bar{X}	19.3	113.90	114	172	0.49	0.010	0.010	1.10	5.30
	DE \pm	± 0.25	± 15.5	± 29	± 46.6	± 0.14	± 0.04	± 0.02	± 3	± 13.5
	Min-Max	19 - 19.6	79 - 122	61 - 162	103 - 208	0.32 - 0.68	0 - 0.1	0 - 0.05	0 - 7.9	0.13 - 36
Jardines de Paute	\bar{X}	19.10	120.80	149.50	114.00	0.14	0.14	0.07	12.77	32.70
	DE \pm	± 0.21	± 3.43	± 5.7	± 9.21	± 0.13	± 0.17	± 0.02	± 2.6	± 4.2
	Min-Max	18.8 - 19.4	114 - 123	139 - 155	102 - 128	0.04 - 0.39	0.02 - 0.47	0.03 - 0.09	9.6 - 16.1	27 - 38

Dureza T. = dureza total; Alcalinidad T. = alcalinidad total; Cloro R. = cloro residual; \bar{X} = Media, DE = desviación estándar, Min= mínimo; Max = máximo.

Análisis Microbiológico: En la red de distribución todas las muestras analizadas mostraron ausencia de colonias *E. Coli*.

Tabla 5. Medidas de tendencia del control en planta y captación

Estado	Medidas de Tendencia	Color	pH	Turbiedad	Temperatura	Conductividad	Dureza T.	Alcalinidad T.	Cloro R.	Hierro	Nitrito	Nitrato	Sulfato
Planta Cachiyacu	̄X	0	7.7	0.705	17.9	147.7	187.2	205	1.4	0.198	0.042	2.4	25.17
	DE ±	0	± 0.52	± 0.36	± 0.96	± 1.63	± 117	± 17.7	± 0.59	± 0.3	± 0.014	± 0.68	± 8.59
	Min-Max	0	6.8 - 8.4	0.19 - 1.17	16 - 18.6	146 - 150	120 - 425	190 - 240	0.88 - 1.95	0.02 - 0.81	0.027 - 0.065	1.6 - 3.3	11 - 35
Captación	̄X	38.5	8.15	12.32	17.78	146.37	151.63	213.8	0.15	0.15	0.053	2.74	20
	DE ±	± 25.6	± 0.3	± 10.9	± 1.15	± 2.5	± 40.9	± 11.3	± 0.11	± 0.06	± 0.025	± 1.22	± 14.24
	Min-Max	feb-70	7.8 - 8.4	5.25 - 38.6	15.3 - 18.9	141 - 149	120 - 250	198 - 226	0.09 - 0.43	0.08 - 0.26	0.029 - 0.095	1.5 - 5.4	13 - 55

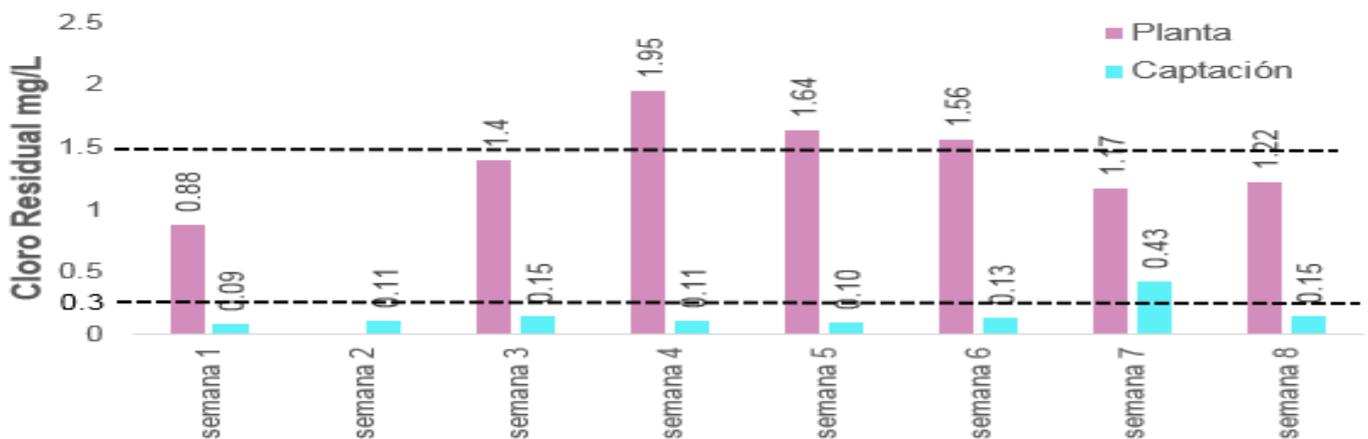
Dureza T. = dureza total; Alcalinidad T. = alcalinidad total; Cloro R. = cloro residual; ̄X = Media, DE = desviación estándar, Min= mínimo; Max = máximo.

Análisis Microbiológico: En planta todas las muestras analizadas mostraron ausencia de colonias *E. Coli* y en captación en la semana 5 se obtuvo colonias muy numerosas para contar.

3.1 Relación de los parámetros físico – químico que presentan afección en planta y red de distribución

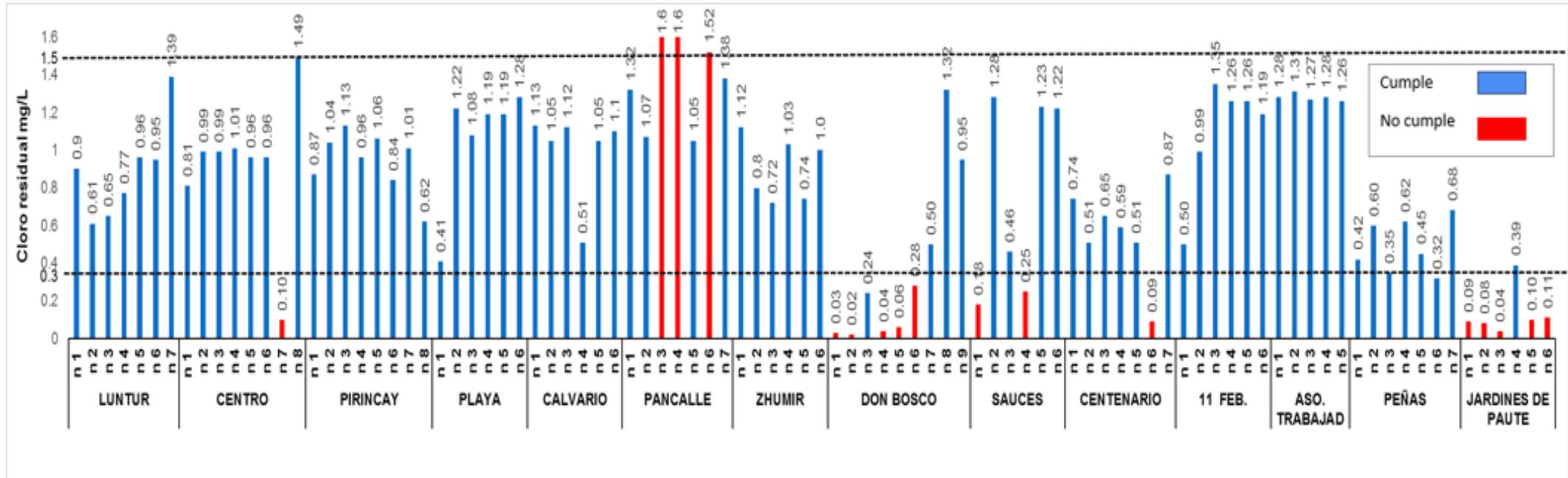
En planta y red de distribución el cloro residual y temperatura presentaron incumplimiento con las normas establecidas de igual manera el pH en red de distribución. Los cuales se demuestran en las siguientes gráficas.

Gráfica 4. Resultados del Cloro residual en planta y captación



Se observa en la gráfica 4 la relación que existe entre la cantidad de cloro residual en agua cruda y potable. Los valores presentes de cloro residual en agua cruda no tienen mayor relevancia debido a su naturaleza, puesto que debe estar exenta de compuestos químicos. El incumplimiento del 38 % se demuestra en agua potable dicha variación encontrada se debe a la falta del control que existe dentro de la planta.

Gráfica 5 Resultados del cloro residual en la red de distribución





Se observa en la gráfica 5 que la cantidad del cloro residual en las 94 muestras incluido los puntos críticos que forman parte de los 14 barrios en su mayoría cumplen con los límites entre 0.3-1.5mg/L establecidos por la norma INEN.

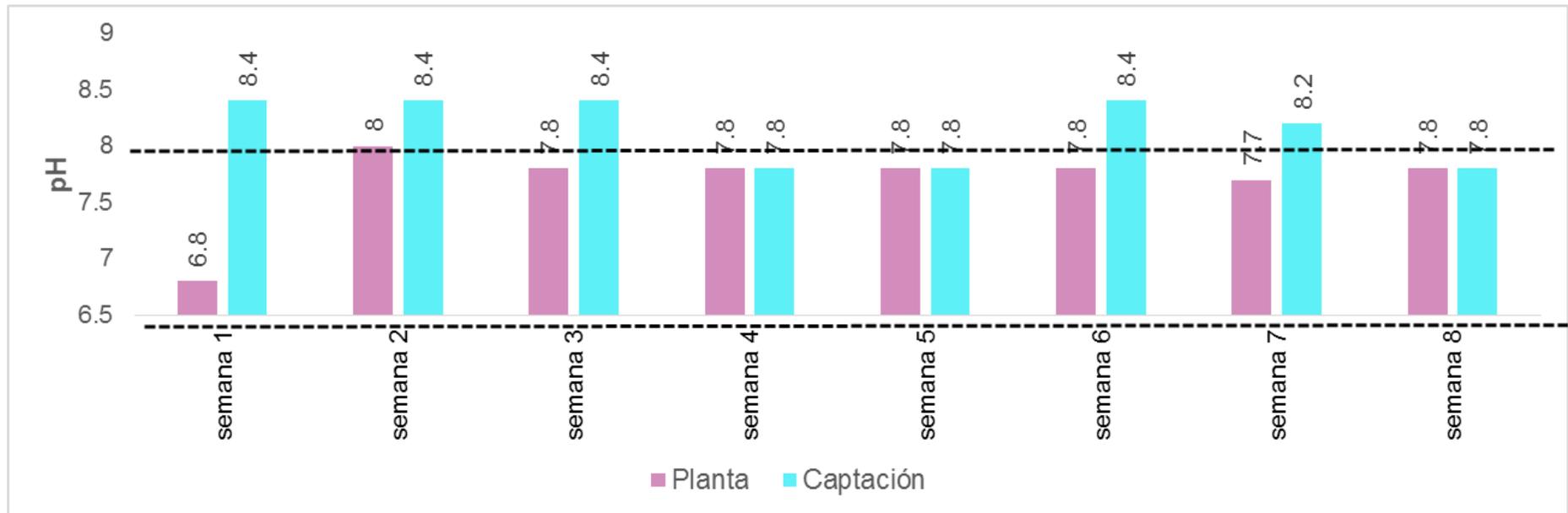
Se relacionó la distancia que existe de cada barrio con la planta y la cantidad de cloro residual presente en las muestras, cuya finalidad es determinar la posible causa del incumplimiento de los valores inferiores al límite mínimo requerido.

Según lo mencionado por la OPS: la distancia influye en la cantidad de cloro presente en las muestras ya que a mayor distancia menor cantidad de cloro, tomado como ejemplo los barrios que cumplen con la norma. Tal es el caso del barrio Pirincay con una distancia de 2680.40 metros alejado de la planta con respecto al barrio Asociación de trabajadores con una distancia de 1694.61 metros cercano a la planta cuyos promedios de cloro residual es de 0.9413 mg/L y 1.28 mg/L respectivamente.

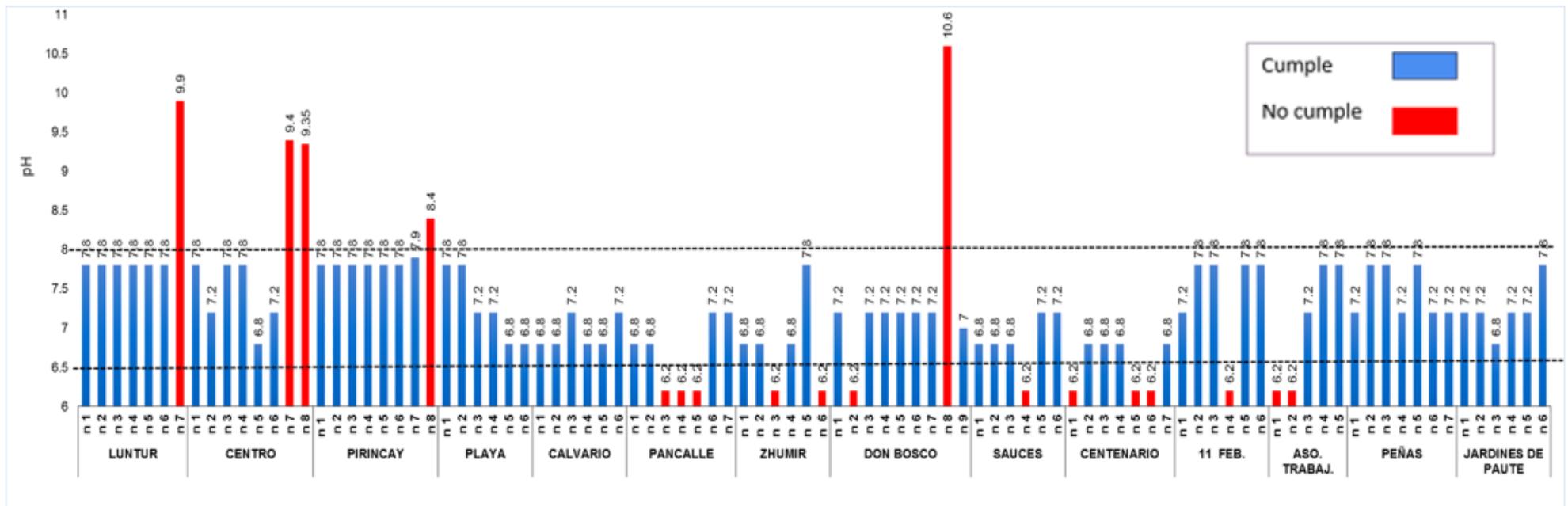
Sin embargo esta relación de distancia no predomina en todos barrios, dado que los barrios cuyo mayor número de muestras analizadas no cumplen con los límites establecidos como son Jardines de Paute y Don Bosco, el primero con una distancia de 2609.59 metros alejado de la planta y el segundo con una distancia de 1605.22 metros cercano a la planta, con promedios de cloro residual de 0.1350 mg/L y 0.3822 mg/L respectivamente

Estos barrios a pesar que demuestran incumplimiento no tienen relación con la distancia, puesto que ciertos barrios lejanos como cercanos incumplen con los rangos permitidos. Una posible causa se puede atribuir a la contaminación en la red de distribución por motivo de la antigüedad de las tuberías en la zona de estudio, información dada por parte del departamento de Agua Potable que indicó el tiempo de uso es de 10 a 40 años.

Gráfica 6 Resultados del pH en planta y captación



Gráfica 7 Resultados de pH en la red de distribución

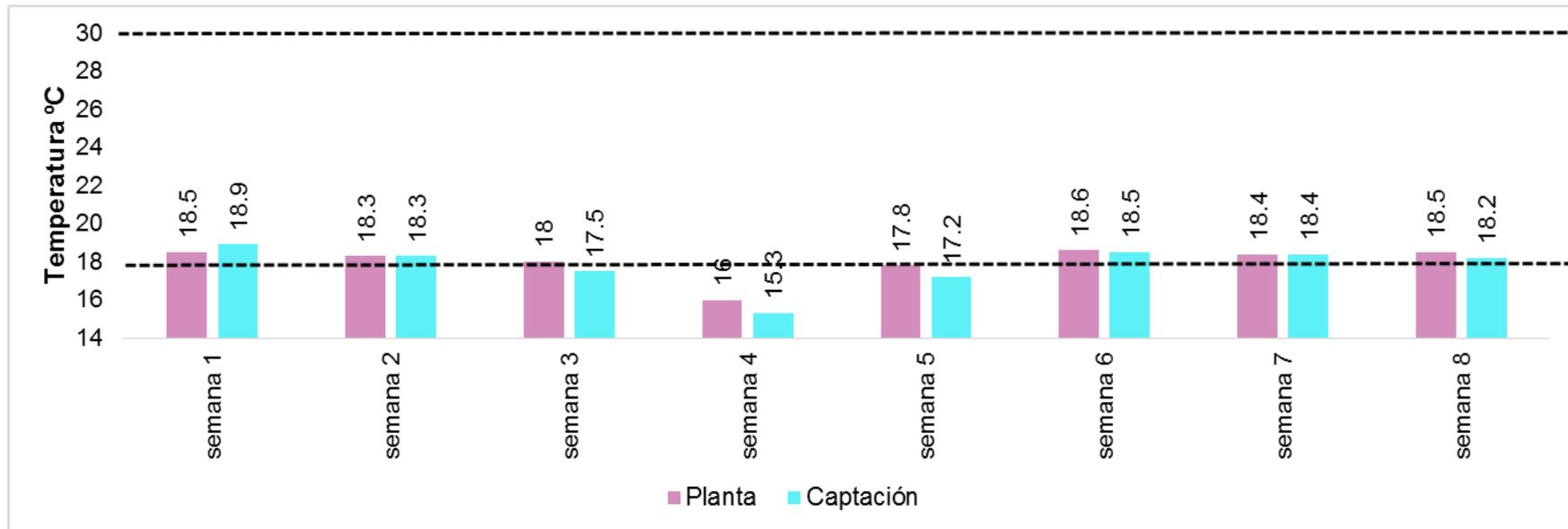




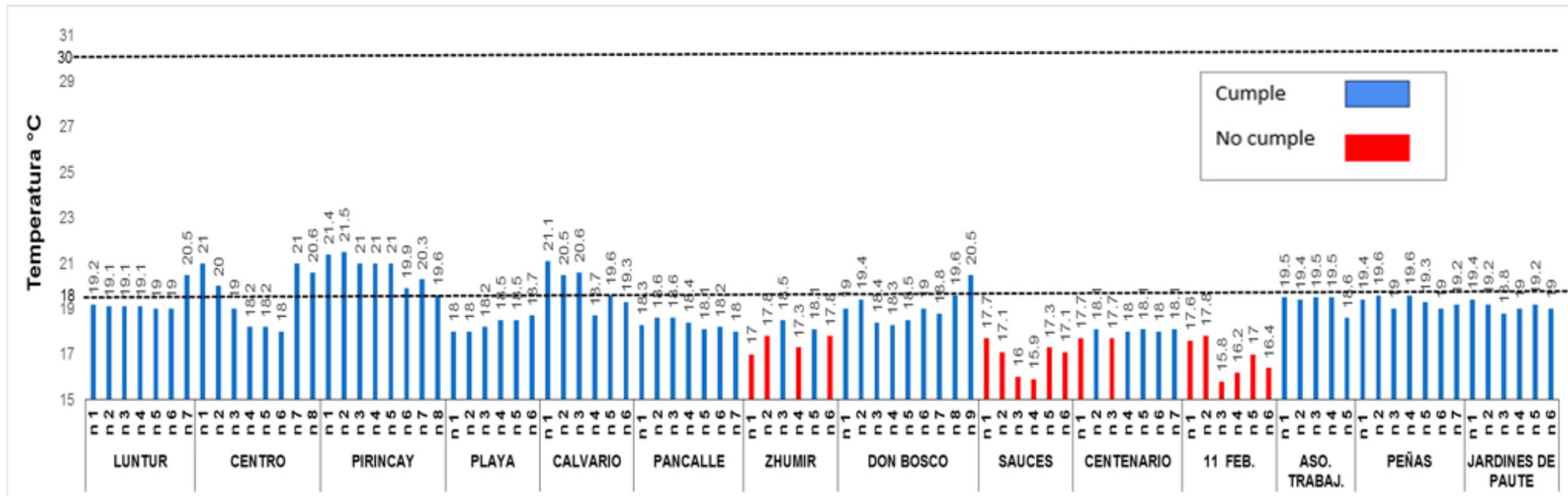
En el gráfico 7 se observa el nivel de pH en las 94 muestras incluido los puntos críticos que forman parte de los 14 barrios y cuyos resultados en su mayoría cumplen con los límites entre 6.5-8 establecidos por la norma INEN. Las muestras con valores que no se encuentran dentro de los rangos establecidos en especial aquellas con un alto aumento de pH presentan un carácter básico y su causa está ligada posibles daños en las estructuras de las tuberías de la red de distribución (Úbeda, Rubio, Serrano, & Fernández, 2008).

Corroborando que la afección se presentó solo en red de distribución, sin mostrar alteración alguna en captación y planta observado en la gráfica 3.

Gráfica 8. Resultados de la temperatura en planta y captación



Gráfica 9. Resultados de la Temperatura en la red de distribución





En la gráfica 9 se observa el valor de la temperatura en las 94 muestras incluido los puntos críticos que forman parte de los 14 barrios y cuyos resultados en su mayoría cumplen con los límites entre 18-30°C establecidos por el Decreto de Costa Rica.

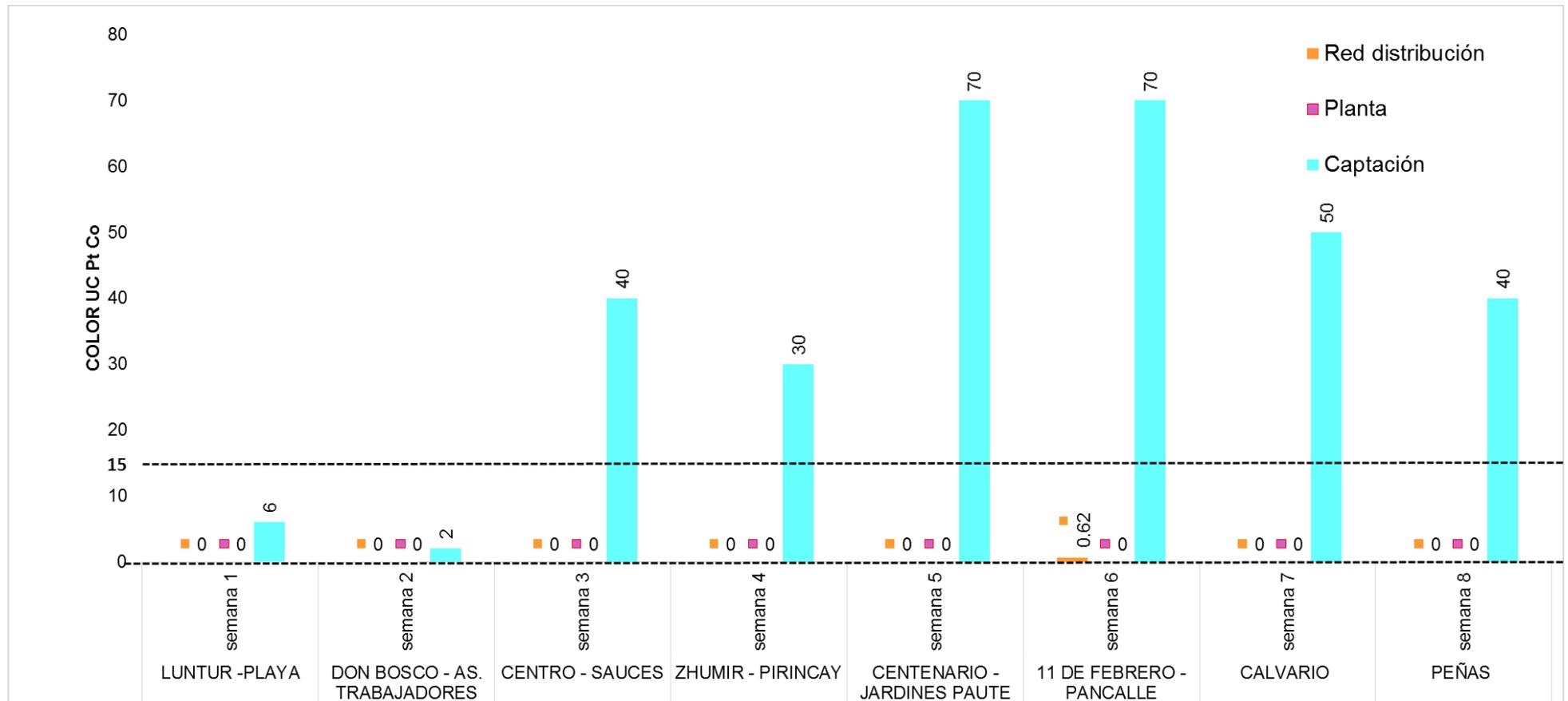
Los barrios que no cumplen es su totalidad con valores inferiores al límite permitido son Sauces y 11 de febrero, de igual manera que en planta y captación observados en la gráfica 8. Los incumplimientos se deben a que la temperatura tiene relación con la fuente de donde proviene siendo la misma para todos los barrios, ya que al ser de tipo superficial existen factores como la altura, ubicación y el medio climático que afectan a este parámetro.

Por lo tanto, no es considerada un problema ya que la temperatura alta es la responsable del crecimiento de microorganismos, así como de la alteración del sabor, olor, color y corrosión de las tuberías.

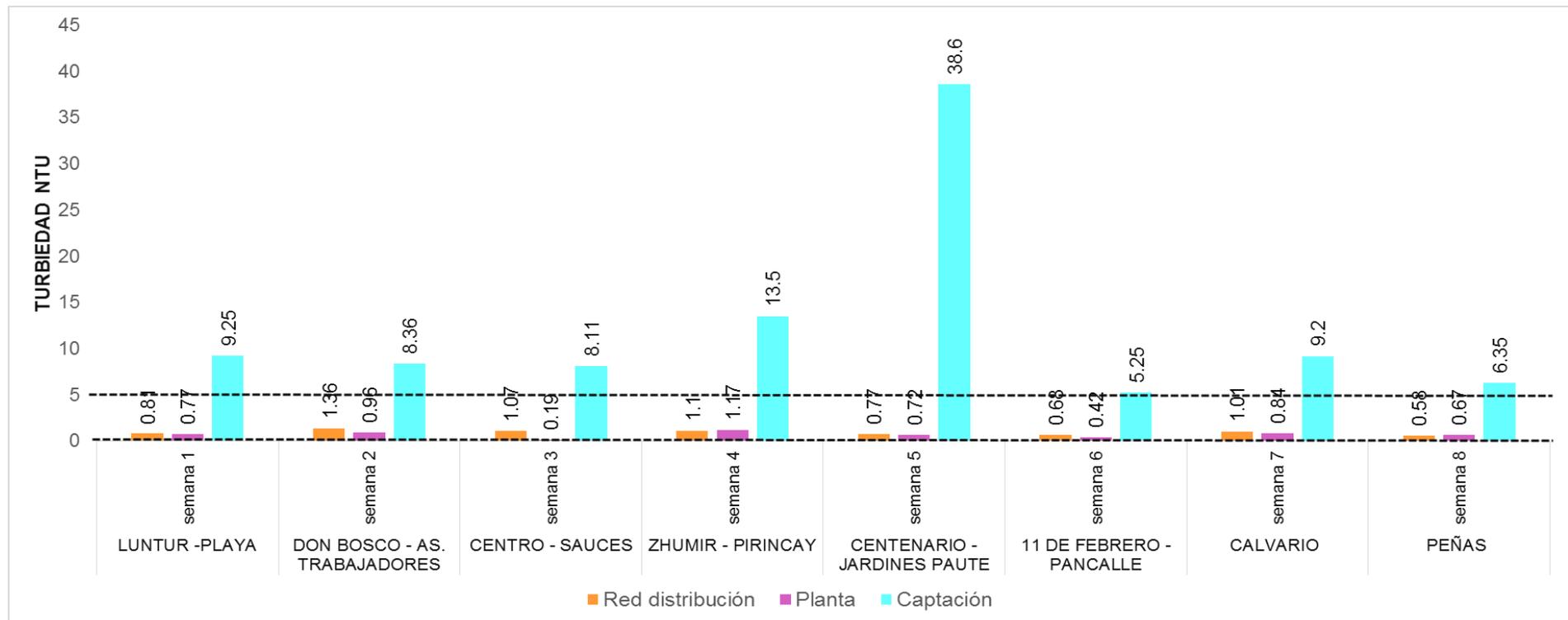
3.2 Comparación de los parámetros físico – químico y microbiológico que cumplieron las normativas en planta, captación y red de distribución

Mediante las siguientes gráficas se compararon los promedios relacionados con el cronograma de muestreo en red de distribución con planta y captación de los parámetros analizados. (Tabla 3)

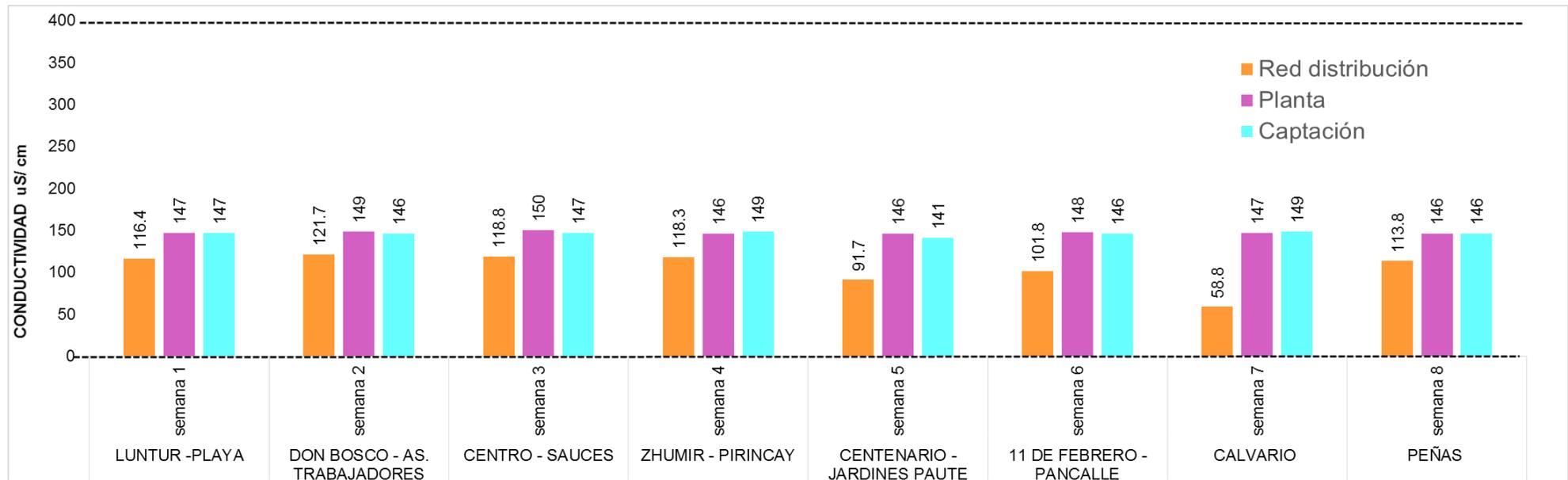
Gráfica 10. Promedio Color en red de distribución, planta y captación



Gráfica 11. Promedio turbiedad en red de distribución, planta y captación



Gráfica 12. Promedio Conductividad en red de distribución, planta y captación



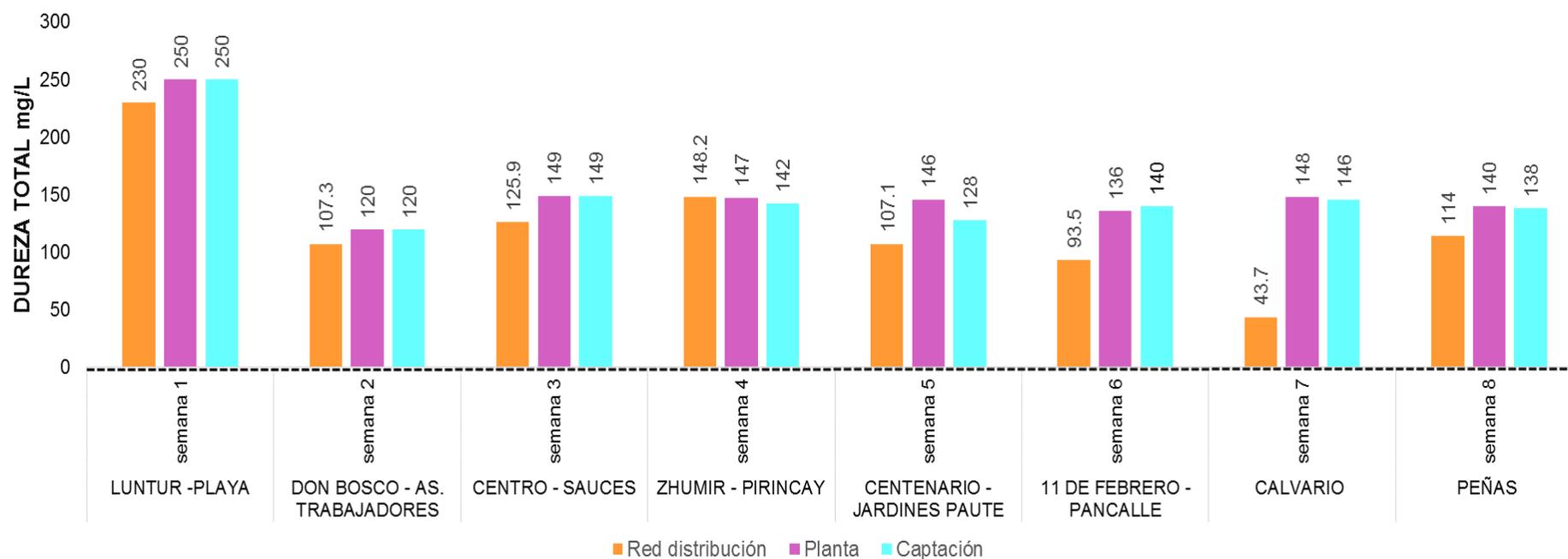


Las gráficas 10, 11 y 12 indican el cumplimiento de los parámetros de color, turbiedad y conductividad establecidos por las respectivas normas para agua potable tanto en red de distribución como en planta.

Los promedios de la red de distribución y planta con respecto a la captación presentan una gran diferencia por causa de la naturaleza del agua cruda, puesto que al no poseer tratamiento existirá una variabilidad en el color como en la turbiedad.

En la conductividad no muestra mayor variación entre las tres etapas de análisis por presentar cantidades constantes de sales inorgánicas provenientes de una misma fuente.

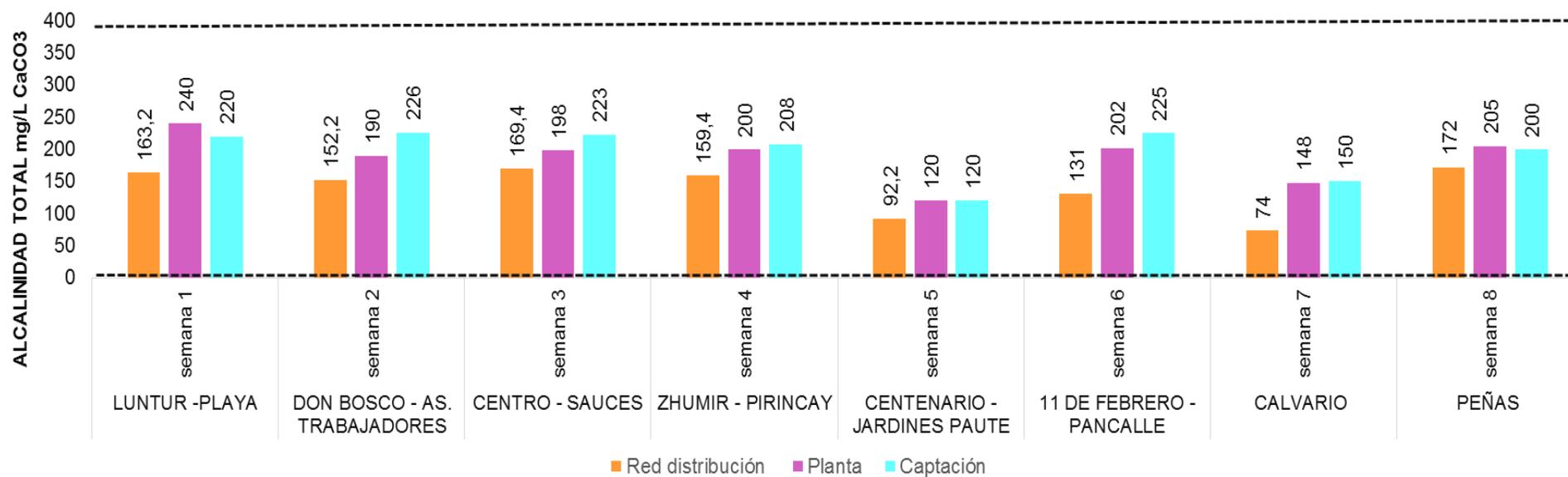
Gráfica 13. Promedio Dureza en red de distribución, planta y captación





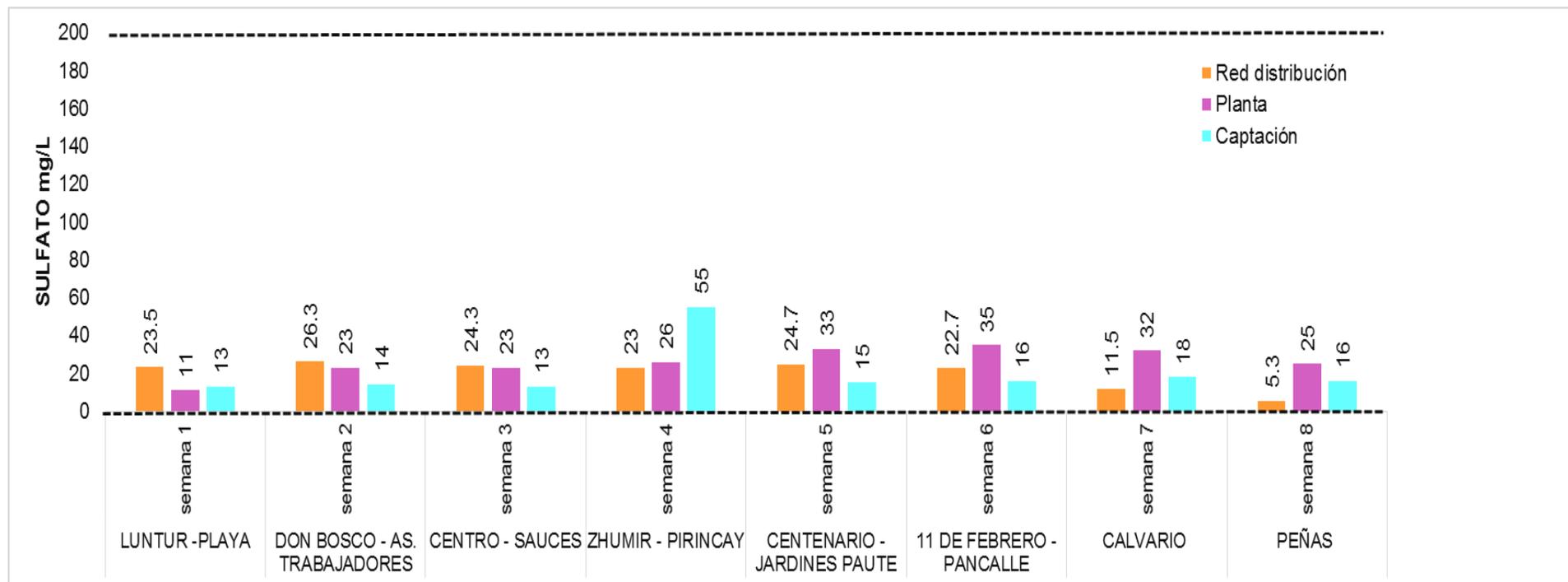
Se observa en la gráfica 13 los promedios de dureza en agua potable (planta y red de distribución) cumplen con las normas establecidas y de acuerdo a la clasificación este tipo de dureza es considerada como una agua moderadamente dura cuyo rangos son de 75 – 200 mg/L de CaCO₃ y sus ligeras variaciones en red de distribución con respecto a planta y captación puede deberse a la acumulación de sedimentos en las tuberías de las redes (Zamora, 2009).

Gráfica 14. Promedio Alcalinidad en red de distribución, planta y captación





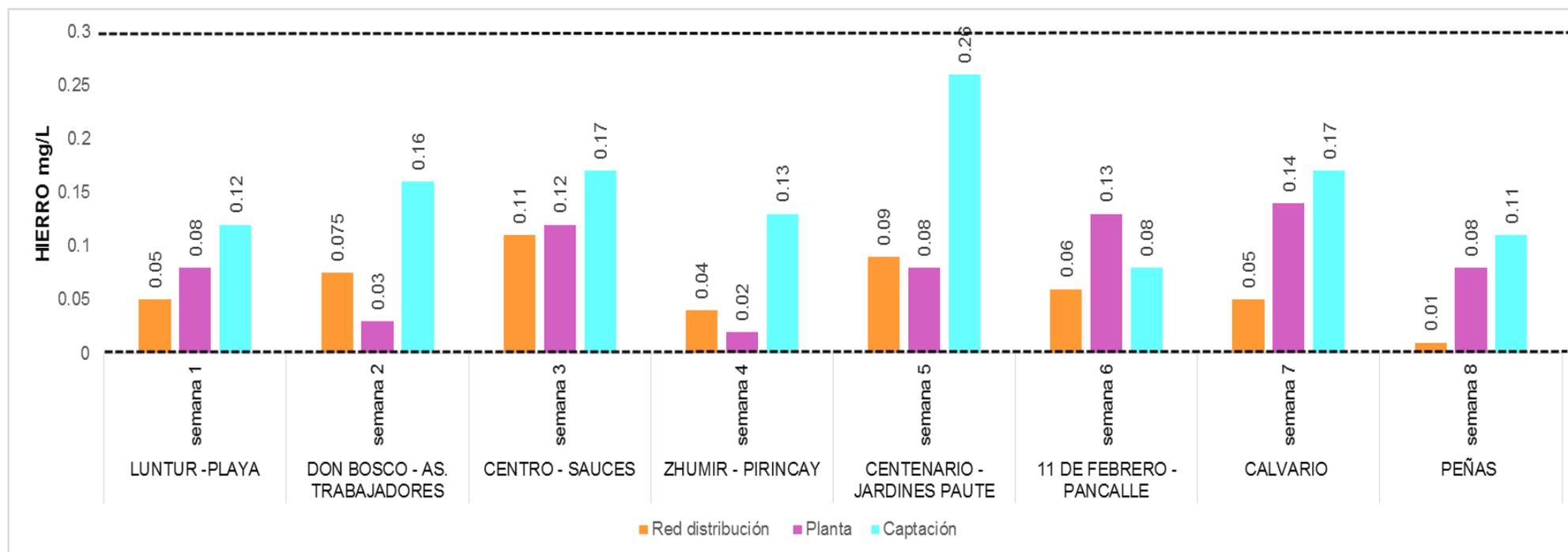
En la gráfica 14 indica que los valores obtenidos se pueden clasificar como agua de alta alcalinidad pues es mayor a 150 mg/L de CaCO_3 cumpliendo con las normas dadas para agua potable (Quintuña & Samaniego, 2016). Siendo este un parámetro que no causa riesgo en la salud sin embargo en las tuberías de las redes de distribución tienden a acumularse provocando una obstrucción.

Gráfica 15. Promedio sulfato en red de distribución, planta y captación



En la gráfica 15 se observa que el sulfato en el agua potable cumple con la norma INEN siendo su valor menor a 200 mg/L, por lo tanto, no tiene efecto perjudicial en la salud. Al realizar la comparación entre la cantidad de sulfato presente en el agua cruda y agua potable se demostró que hay mayor cantidad de esta sustancia en el agua proveniente de la planta debido a la adición de sulfato de aluminio en el proceso de coagulación-floculación, cuya desventaja es su permanencia en el agua después de la potabilización, provocando acumulación en el medio ambiente (Meza, Riaños, Mercado, Olivero, & Jurado, 2018).

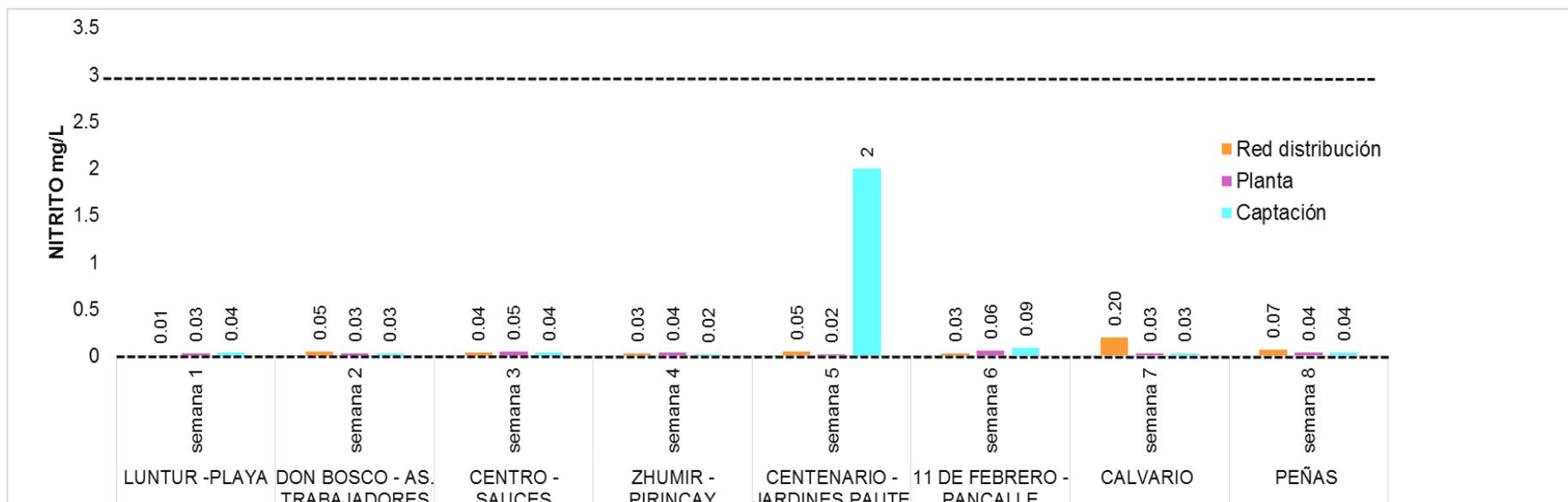
Gráfica 16. Promedio Hierro en red de distribución, planta y captación



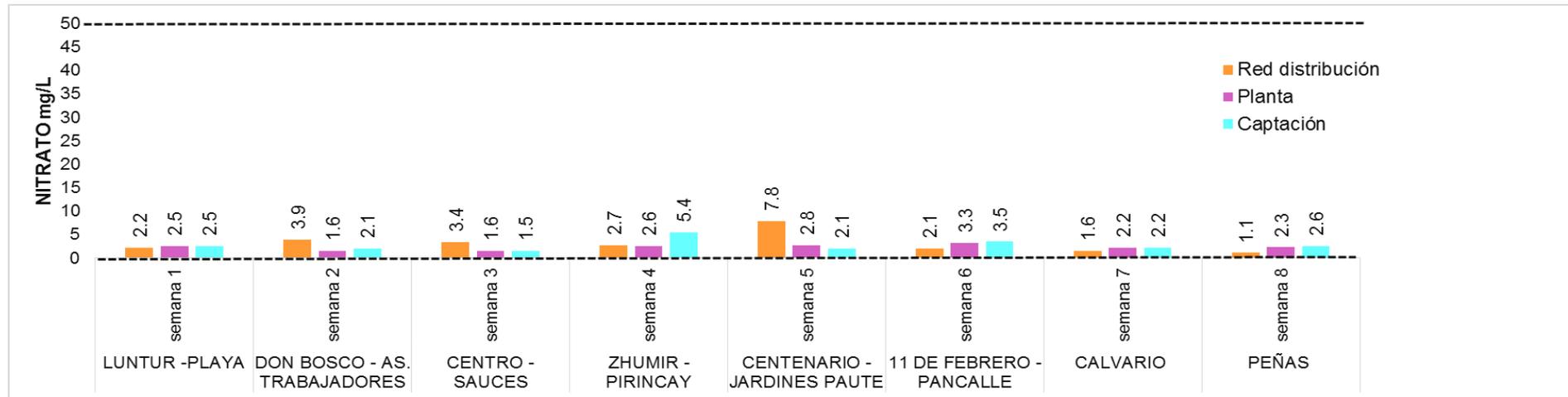


En la gráfica 16 se observa que el hierro en el agua potable cumple con el límite establecido hasta 0,3 mg/L según la norma INEN. El valor de hierro presente en agua cruda es mayor que en agua potable puesto que la fuente de la que proviene es abundante en minerales que contienen hierro (Motta, 2011). En la semana dos se puede observar que el nivel de hierro en red de distribución es mayor con respecto a la de planta siendo el responsable de este problema la antigüedad de las tuberías. Mientras que en la semana 6 se observa un aumento de hierro en planta con respecto a la red de distribución, que se le atribuye por una posible adición en exceso de sulfato de aluminio (coagulante); ya que entre uno de sus componentes se encuentra el óxido de hierro (Rinne, 2001).

Gráfica 17. Promedio Nitrato en red de distribución, planta y captación



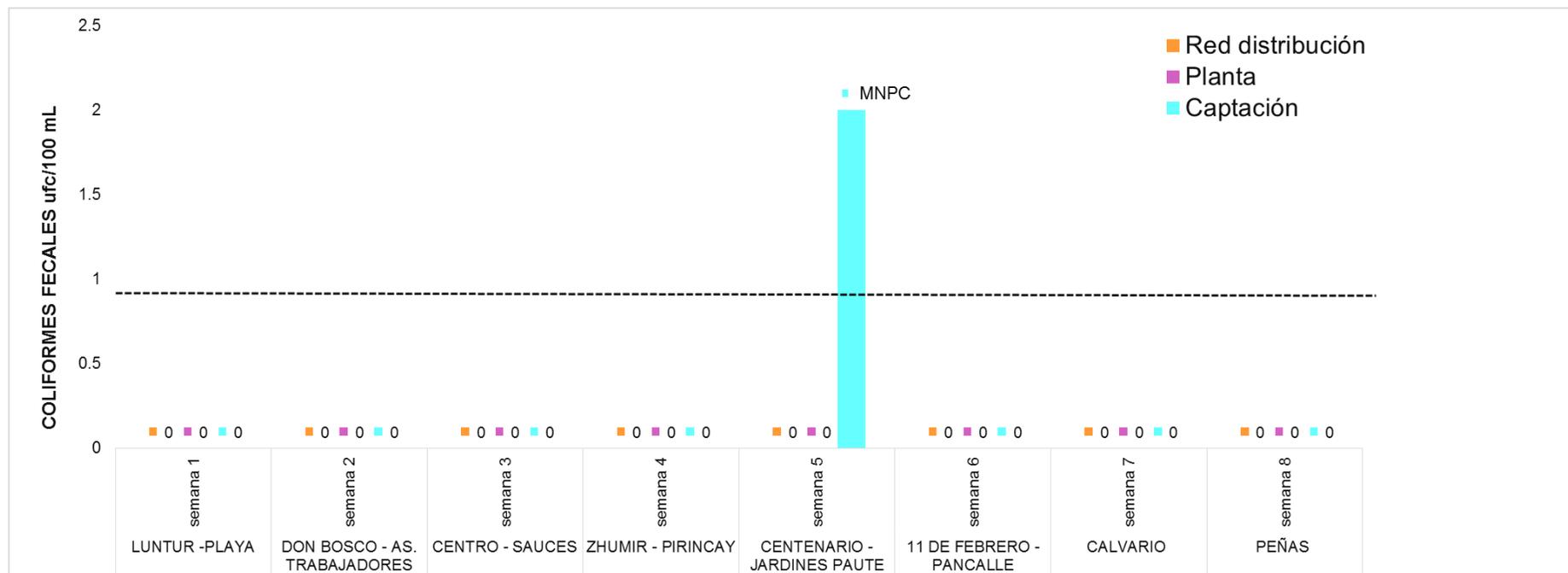
Gráfica 18. Promedio Nitrito en red de distribución, planta y captación





Las gráficas 17 y 18 nos indica que nitratos como nitritos se encuentran dentro de los rangos de referencia según la norma INEN (0 - 0,3 mg/L) y (0 - 50mg/l) respectivamente para agua potable. El nitrato al tener un origen de sustancias químicas como fertilizantes pueden ser arrastradas a las fuentes de agua y causar la contaminación; al observa los promedios cuyos valores son bajos en las tres etapas de análisis indicándonos que no existe contaminación de tipo agrícola que afecte esta zona; mientras que los valores bajos en nitritos son indicativos de la ausencia de contaminación por parte de coliformes fecales.

Gráfica 19. Promedio de coliformes fecales red de distribución, planta y captación





En la gráfica 19 se observa la relación del análisis microbiológico entre las tres etapas de estudio, dando resultados libres de contaminación microbiológica (coliformes fecales) en captación, planta y red de distribución, lo que nos indica que la fuente de donde proviene el agua está libre de contaminación evidenciándose por la ausencia de coliformes fecales. Sin embargo, días que presentan alta pluviosidad generan contaminación microbiológica dando resultados de colonias muy numerosas para contar (MNPC), observado en la semana 5, siendo desechada el agua ya que se la relacionó con la alta turbiedad que presentó.

3.3 Análisis de Varianza ANOVA

Análisis de Varianza ANOVA permite conocer las diferencias significativas que pudieran existir entre los barrios.

El Análisis de Varianza ANOVA es una herramienta estadística que permite comparar la variabilidad media de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que existe en los 14 barrios, de tal manera que se determina si existe o no una diferencia significativa. Para ello el análisis global de variaciones se descompone en variaciones entre grupos (barrios) y dentro de grupos (muestras de cada barrio) que se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados del Análisis de Varianza ANOVA

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Color	Entre grupos	11.436	13	0.880	0.804	0.654
	Dentro de grupos	87.500	80	1.094		
	Total	98.936	93			
pH	Entre grupos	21.846	13	1.680	3.949	0
	Dentro de grupos	34.044	80	0.426		
	Total	55.890	93			
Turbiedad	Entre grupos	4.965	13	0.382	1.268	0.250
	Dentro de grupos	24.100	80	0.301		
	Total	29.064	93			
Temperatura	Entre grupos	108.576	13	8.352	19.346	0
	Dentro de grupos	34.537	80	0.432		
	Total	143.113	93			
Conductividad	Entre grupos	38662.207	13	2974.016	25.879	0
	Dentro de grupos	9193.538	80	114.919		
	Total	47855.745	93			
Dureza total	Entre grupos	269418.204	13	20724.477	18.284	0
	Dentro de grupos	90680.422	80	1133.505		
	Total	360098.626	93			

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Alcalinidad total	Entre grupos	119110.783	13	9162.368	17.583	0
	Dentro de grupos	41687.175	80	521.090		
	Total	160797.957	93			
Cloro residual	Entre grupos	10.118	13	0.778	8.799	0
	Dentro de grupos	7.076	80	0.088		
	Total	17.193	93			
Hierro	Entre grupos	0.145	13	0.011	1.265	0.252
	Dentro de grupos	0.708	80	0.009		
	Total	0.853	93			
Nitrito	Entre grupos	0.026	13	0.002	4.928	0
	Dentro de grupos	0.033	80	0		
	Total	0.059	93			
Nitrato	Entre grupos	674.142	13	51.857	5.916	0
	Dentro de grupos	701.187	80	8.765		
	Total	1375.329	93			
Sulfato	Entre grupos	5104.169	13	392.628	8.621	0
	Dentro de grupos	3643.435	80	45.543		
	Total	8747.604	93			
Coliformes fecales	Entre grupos	0	13	0		
	Dentro de grupos	0	80	0		
	Total	0	93			

gl = grado de libertad; F = factor; sig.= probabilidad.



El análisis de varianza ANOVA plantea dos hipótesis: cuando la probabilidad se la denomina nula, quiere decir que la significancia de p-valor es mayor que 0.05 por lo tanto no existe diferencias significativas y cuando la probabilidad es menor que 0.05 existe diferencias significativas. Con los resultados obtenidos indican que el p-valor es menor que 0.05 en los parámetros de: pH, temperatura, conductividad, dureza total, alcalinidad total, cloro residual, nitrito, nitrato y sulfato; se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alternativa. Indicando que los distintos parámetros ejercen influencia sobre la variable dependiente barrios.

Una vez determinada las diferencias significativas del estudio se aplicó el test post-hoc Anova tukey que muestra de una manera detallada entre que barrios existe las diferencias con relación a los parámetros mencionados anteriormente. Los resultados se observan en el anexo 5.

Concluyendo que todos los barrios presentaron diferencias entre ellos, ya que existe una relación con la antigüedad de las tuberías puesto que el tiempo de uso son de 40 años y no se relaciona con la distancia.



Discusiones

Los resultados obtenidos se compararon con el estudio de los sectores Corazón de María y Zhirincay del cantón Azogues en el año 2017; en el cual nos indica que los resultados promedios tanto de color, turbiedad, conductividad, hierro, nitrito, nitrato, sulfato y coliformes fecales, son similares y cumplen con las normas establecidas. Cabe mencionar que los parámetros de dureza y alcalinidad también cumplen, sin embargo, difieren en clasificación de dureza con el agua de Paute por ser moderadamente dura en comparación con el agua de Azogues que es blanda. (Arpi & Yunga, 2017).

De acuerdo al estudio de la determinación de la dureza del agua de consumo humano en la provincia de Bolívar realizado en 2014, señala promedios de 148.95 mg/l en vertiente clasificando agua de tipo dura y 100.12 mg/l en llaves domiciliarias como agua moderadamente dura (Caiza, 2014). Al igual que los resultados del cantón Paute que muestran promedios de 151 y 127.27 mg/l en captación y red distribución respectivamente.

Por otro lado, el cloro residual, temperatura y pH del agua potable son parámetros que no cumplen con las normas establecidas. El incumplimiento del cloro residual cuyos valores inferiores al límite permitido en un 16% en la red de distribución se relacionó con la posibilidad de la antigüedad del sistema de conducción del agua en la zona de estudio y se descartó la relación de distancia que existe entre la planta con cada barrio, puesto que los descensos de valores de cloro residual fueron de los barrios lejanos como cercanos a la planta. Ver distancias de la planta a cada barrio en anexo 2.

Lazcano menciona que la antigüedad de las tuberías en la red de distribución y la falta de programas en el control de válvulas (movimiento de flujo) con lleva arrastres de sedimento lo que deteriora la calidad del agua, así como disminución de cloro libre (Lazcano, 1998). Este consumo del cloro residual en los sistemas de distribución por tuberías antiguas o en mal estado provocan reacciones con sustancias orgánicas e inorgánicas que ocurre en el seno del agua como en las paredes de las tuberías dando como resultado la corrosión de estas (Machuca, 2013). Por todo lo mencionado anteriormente la antigüedad de las tuberías en el cantón se estima entre 10-40 años derivando la disminución de cloro libre en las zonas afectadas.

El promedio del pH determinado en la planta como en la red de distribución tiene valor de 7,28 y 7,6 respectivamente, que se compara con el estudio de los Sectores Leg



Abuga Y Oriente Bajo del Cantón Azogues en el año 2017; cumpliendo con los rangos establecidos. Sin embargo, al analizar los valores de cada usuario de los distintos barrios existen algunos que no cumplen. Se realiza la comparación de los valores con un estudio de Costa Rica, en el cual se indica valores de pH entre 6,44 y 7,32 los cuales ajustan a los valores y permite establecer las posibles causas de la variación del pH que existe entre barrios. Dichas causas se deben, por un lado, el proceso de potabilización que se realiza en la planta y por otro el origen geológico abundante en minerales del cual procede el agua, provocando alteración del pH en el agua (Pérez, 2016). Otro estudio de Nicaragua cuyo valor de pH es 7,66 indica que origen calcáreo es el responsable de este valor (Castillo, 2013).

En el 2016 un estudio en Chordeleg, señala promedio de temperatura en agua tratada de 11,9 °C valor mucho menor al encontrado en Paute, los resultados de nuestro estudio indicaron que la disminución se origina desde la captación y continúa hasta la red de distribución, hecho implicado por las condiciones climáticas y la ubicación de la zona (Quintuña & Samaniego, 2016).

Referente a los análisis microbiológicos realizados en la planta, red de distribución se evidenció que todas las muestras cumplieron con la norma INEN 1108:2014 que establece el recuento de *E.coli* debe ser < 1 UFC/100 ml (ausencia de crecimiento de colonias) realizado por el método filtración de membrana. Mientras que en la captación se evidencia que en la semana 5 una muestra presentó el resultado muy numeroso para contar (MNPC), relacionado con una alta turbiedad y color del agua. La causa fue por la época invernal, razón por la cual se descartó el agua, resultados parecidos al estudio del sector Leg Abuga y Oriente Bajo de la ciudad de Azogues. (García & Tenesaca, 2017).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Por medio del presente estudio se obtuvo los datos necesarios para determinar la calidad del agua potable en la zona urbana del cantón Paute abastecida por la planta Cachiyacu, cuyos parámetros físicos como color y turbiedad cumplieron con el 100% del total de las muestras analizadas, tomando como referencia a la norma INEN 1108:2014 para planta y red de distribución.
En planta y red de distribución los parámetros químicos como conductividad, alcalinidad total, dureza total hierro, sulfato, nitrito, nitrato cumplieron el 100% del total de muestras analizadas las cuales fueron comparadas con las normas establecidas. Finalmente, el parámetro microbiológico cumplió en su totalidad con la norma INEN 1108:2014.
- De tal manera los parámetros físico-químicos que presentaron incumplimiento son pH con un 19% en red de distribución, además la temperatura con un 25% en planta y 19% en red de distribución y finalmente el cloro residual con un 38% en planta y 18% en red de distribución.
- Según los datos obtenidos por el Análisis de Varianza ANOVA y post hot Turkey, los barrios que presentaron mayor variabilidad con los parámetros son: Luntur (pH), Pirincay (temperatura), Centenario (conductividad), Luntur y Playa (Dureza Total), Centenario y Calvario (Alcalinidad total), Jardines de Paute (cloro residual), Peñas (nitrito), Jardines de Paute (nitrato), y Peñas (sulfato).
- La planta de Cachiyacu cuenta con el proceso de potabilización que permite que sea apta para el consumo humano sin embargo existe la necesidad de implementar una buena gestión y control para eliminar los problemas encontrados en el estudio.

4.2 Recomendaciones

Los aspectos que debería seguir la planta potabilizadora Cachiyacu son las siguientes:

- Con los datos obtenidos se sugiere realizar un seguimiento diario en la planta como en la red de distribución en especial aquellos barrios que se encuentran afectados en parámetros como temperatura, cloro residual y pH. De esta manera se brindará un mejor servicio cuyo enfoque se basa en proporcionar agua apta para el consumo humano.
- Se sugiere que exista un profesional que se encargue de realizar el análisis de los parámetros físico - químico y microbiológico periódicamente del agua tanto de planta y red de distribución con la finalidad de mejorar la calidad del líquido vital.
- Realizar campañas de socialización para dar a conocer la calidad del líquido vital que se brinda a la población de tal manera que consuman con toda tranquilidad y descartar las dudas que existen dentro de los moradores de cada barrio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde, I. (2016). Calidad del agua de consumo humano en España (Bachillerato de Investigación). IES Juan Gris, España. Recuperado de http://www.iesjuangris.com/index.php?option=com_attachments&task=download&id=11
- Aquili, V. (2007). Caracterización de cepas de *Escherichia coli* con fenotipos de multirresistencia inducidos o seleccionados in vitro con antimicrobianos o con fármacos no antimicrobianos (Tesis Doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/3225.pdf>
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñán, S., & Gómez, A. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova*, 3(4), 69.
- Arpi, A., & Yunga, M. (2017). Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la junta administradora de agua potable regional Bayas del cantón Azogues (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímico Farmacéutico). Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27128/1/TESIS%20PDF>
- Arriaza, A., Ruano, A., Waight, S., Contreras, C., López, A., & Ortiz, D. (2015). Determinación bacteriológica de la calidad del agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 25(2), 9.
- Barrenechea, A. (2007). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua, 55.
- Barreto, P. (2010). Protocolo de monitoreo de agua (RM- 001 No. 1) (p. 40). Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo». Recuperado de https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf
- Caiza, W. (2014). Determinación de la dureza de agua de consumo humano de la parroquia Simiatug, cantón Guaranda, Provincia de Bolívar. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2748/1/T-UTC-00285.pdf>
- Carbajal, Á., & González, M. (2003). Funciones biológicas del agua en relación con sus características físicas y químicas. Barcelona. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-08-20-carbajal-fernandez-AGUA-2003.pdf>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult (Trabajo de Grado). Pontificia



UNIVERSIDAD DE CUENCA

-
- Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf>
- Casero, D. (2008). Potabilización del agua. EOI, 4, 144.
- Castillo, I. (2013). Evaluación físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia (Tesis de Grado). UNAN-Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.unan.edu.ni/255/1/64547.pdf>
- Chulluncuy, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad de Lima, Perú, (29), 153. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>
- DESINFECCIÓN DEL AGUA. (1999). Organización Panamericana de la Salud, 4.
- Detección simultánea de bacterias coliformes y *E. Coli* en el agua. (2014). [Informativo]. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS4485ES00_Chromocult%20Coliform%20\(6-25\)%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DS4485ES00_Chromocult%20Coliform%20(6-25)%20(3).pdf)
- Duque, E. (2007). Turbiedad por nefelometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 1, 9.
- EL AGUA: recurso natural y elemento del desarrollo. (2008). Fundación por la Sociodemocracia de la Américas, 7.
- Félez, M. (2009). Situación actual del estado de la depuración biológica. Explicación de los métodos y sus fundamentos (Tesis final de carrera). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%C3%B2ria.pdf?seque
- García, R. (2012). Manual de prácticas de laboratorio de Ingeniería Sanitaria. México: Universidad Autónoma de Chihuahua. Recuperado de http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LABORATORIO_DE_SANITARIA.pdf
- García, S., & Tenesaca, L. (2017). Evaluación de la calidad de agua de los sectores Leg Abuga y Oriente Bajo, de la parroquia Bayas del cantón Azogues (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímico Farmacéutico). Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27128/1/TESIS%20PDF>
- INEN. Norma Técnica Ecuatoriana para agua potable. Requisitos. Quito: INEN, 2006, NTE INEN 1108. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>
- INEN. Norma Técnica Ecuatoriana para agua potable. Requisitos. Quito: INEN, 2014, NTE INEN 1108. Recuperado de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
-



- Lazcano, C. A. (1998). Fallas y problemas de la desinfección urbana. CEPIS; OPS. Regional symposium on water quality, 12.
- Machuca, C. (2013). Simulación del transporte, decaimiento o crecimiento de sustancias presentes en redes de distribución de agua potable debido a reacciones internas. Universidad técnica particular de Loja. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7895/1/Machuca%20Rivera%20Silvana%20Carolina.pdf>
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. (2016). México. Recuperado de <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro24.pdf>
- Manual de análisis de agua. (2000) (Segunda edición en español). Colorado, EE.UU. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>
- Marcó, L., Azario, R., & Metzler, C. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad ambiental*, 4, 11.
- Marín, R. (2003). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas (p. 37). Córdoba. Recuperado de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/componente48099%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/componente48099%20(3).pdf)
- Maure, T. (s. f.). Manual de muestreo (Manual) (p. 29). Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe. Recuperado de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/protocolo%20de%20muestreo-cathalac.pdf>
- Meza, M., Riaños, K., Mercado, I., Olivero, R., & Jurado, M. (2018). Evaluación del poder coagulante del sulfato de aluminio y las semillas de Moringa oleífera en el proceso de clarificación del agua de la ciénaga de Malambo-Atlántico. *UIS Ingenierías*, 17(2), 9.
- Ministerio de Salud. (2005). Reglamento para la Calidad del Agua Potable (Decreto) (p. 16). Costa Rica. Recuperado de https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/comision_agua_segura/legislacion/CAS_reglamento_calidad_agua_potable.pdf
- Motta, P. (2011). Hierro y Manganeso en Aguas Superficiales y Subterránea de la Provincia de Misiones. Universidad Nacional de Misiones, Argentina. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/peru/argcca011.pdf>
- NMX. Análisis De Agua - Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. México. D.F. (2001a). (No. NMX-AA-036-SCFI-2001) (p. 22). Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/01/nmx-aa-036-scfi-2001.pdf>
- NMX. Análisis de agua - Determinación de la conductividad electrolítica - Método de prueba. México. D.F. (2000). (No. NMX-AA-093-1984) (p. 27). Recuperado de <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/01/nmx-aa-093-scfi-2000.pdf>



- NMX. Análisis de agua – Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales Y residuales tratadas - Método de prueba. México. D.F. (2013). (No. NMX-AA-007-SCFI-2013). Recuperado de http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/40%20NMX-AA-007-SCFI-2013_Temperatura.pdf
- NMX. Análisis de agua- Determinación de color platino cobalto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. México. D.F. (2001b). (No. NMX-AA-045-SCFI-2001) (p. 17). Recuperado de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa045-01.pdf>
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable (Vol. 1). Geneva: WHO. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Ortega, M., Pulido, G., Serrano, A., & Gaytán, J. (2012). Evaluación estacional de las variables físicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. UDO Agrícola, 3, 7.
- Pérez, C., Aguirre, A., Ávila, G., & Vanegas, N. (2013). Tratamiento de Aguas. Manual de Laboratorio. México. Recuperado de http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/tratamientodeaguas_manualprac.pdf
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 29(3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pérez, G. (2012). Química Analítica I (Prácticas de laboratorio) (p. 92). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de http://asesorias.cuautitlan2.unam.mx/fondo_editorial/comite_editorial/manuales/quimicaanalitica_i_manualpracparaquimicaindus.pdf
- Pullés, M. R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. Habana, Cuba, 45, 13.
- Quintuña, J., & Samaniego, M. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del cantón (Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Bioquímico Farmacéutico). Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24847/1/TESIS.PDF>
- Reñé, A. (2015). Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la Republica de la Argentina, 19-26.
- Rinne, T. (2001). Potabilización con diferentes coagulantes de aluminio y hierro. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 7.
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud, 5.
- Rodríguez, S. (2010). La Dureza del Agua. Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf



-
- Segura, D. (2012). Proyecto de planta potabilizadora para agua potable en Cidade Velha. Cabo Verde. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/pfc4256.pdf
- Soto, J. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 11(2), 167-177.
- Tarrazza, H. (2015). Optimización de retrolavado de filtros. *ACODAL*, 17.
- Turbidímetro portátil 2100Q. (2017). [Informativo]. Recuperado 22 de mayo de 2018, de <https://es.hach.com/2100q-turbidimetro-portatil-epa/product-details?id=24930077421>
- Úbeda, J. C. B., Rubio, R. F., Serrano, J. V., & Fernández, D. L. (2008). Tratamiento de Aguas Ácidas. Prevención y Reducción de la Contaminación. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 4.
- Universidad Pablo Olavide. (2005). Determinación de calcio y magnesio en aguas por complexometría (No. 2) (p. 6). Sevilla. Recuperado de https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP2_0405.pdf
- Vaquero, M. P. (Ed.). (2012). Agua para la salud: pasado, presente y futuro. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Recuperado de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Vega, O. (2016). Gobernanza del agua en México 1984-2014: derecho humano al agua, relaciones intergubernamentales y la construcción de ciudadanía (Tesis Doctoral). Universidad Complutense De Madrid, Madrid. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/37721/1/T37237.pdf>
- Zamora, J. R. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. *Revista Pensamiento Actual*, 9(12), 10.

ANEXOS

Anexo 1. Procesos de potabilización de la planta Cachiyacu



Elaborado por: Las Autoras.

Anexo 2. Procedimientos de los parámetros físico - químicos y microbiológicos.

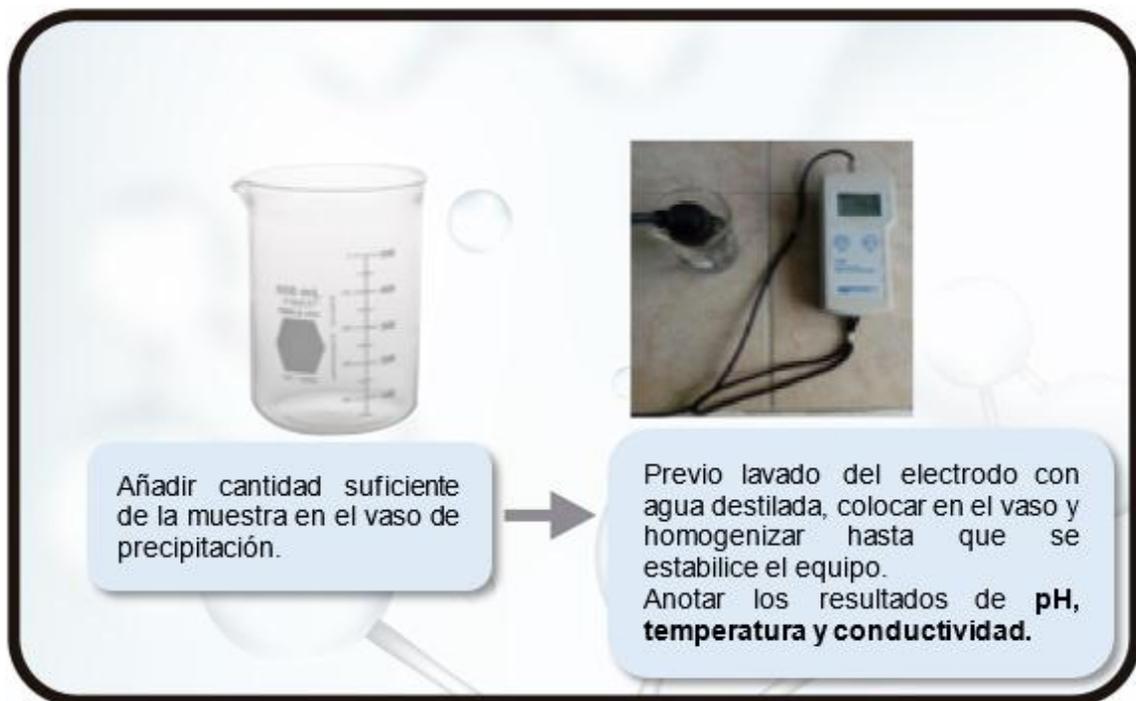
Procedimiento para la determinación del color



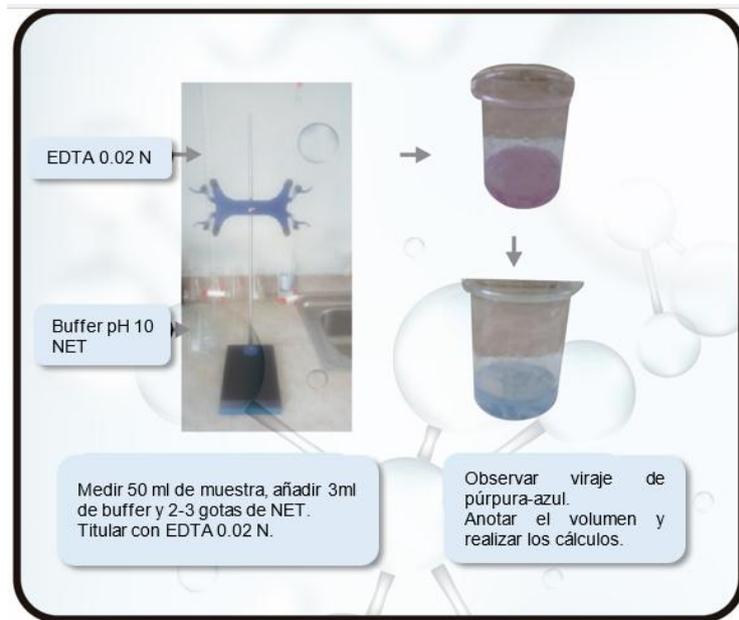
Procedimiento para la determinación de la turbiedad



Procedimiento para la determinación del pH, Temperatura y Conductividad.



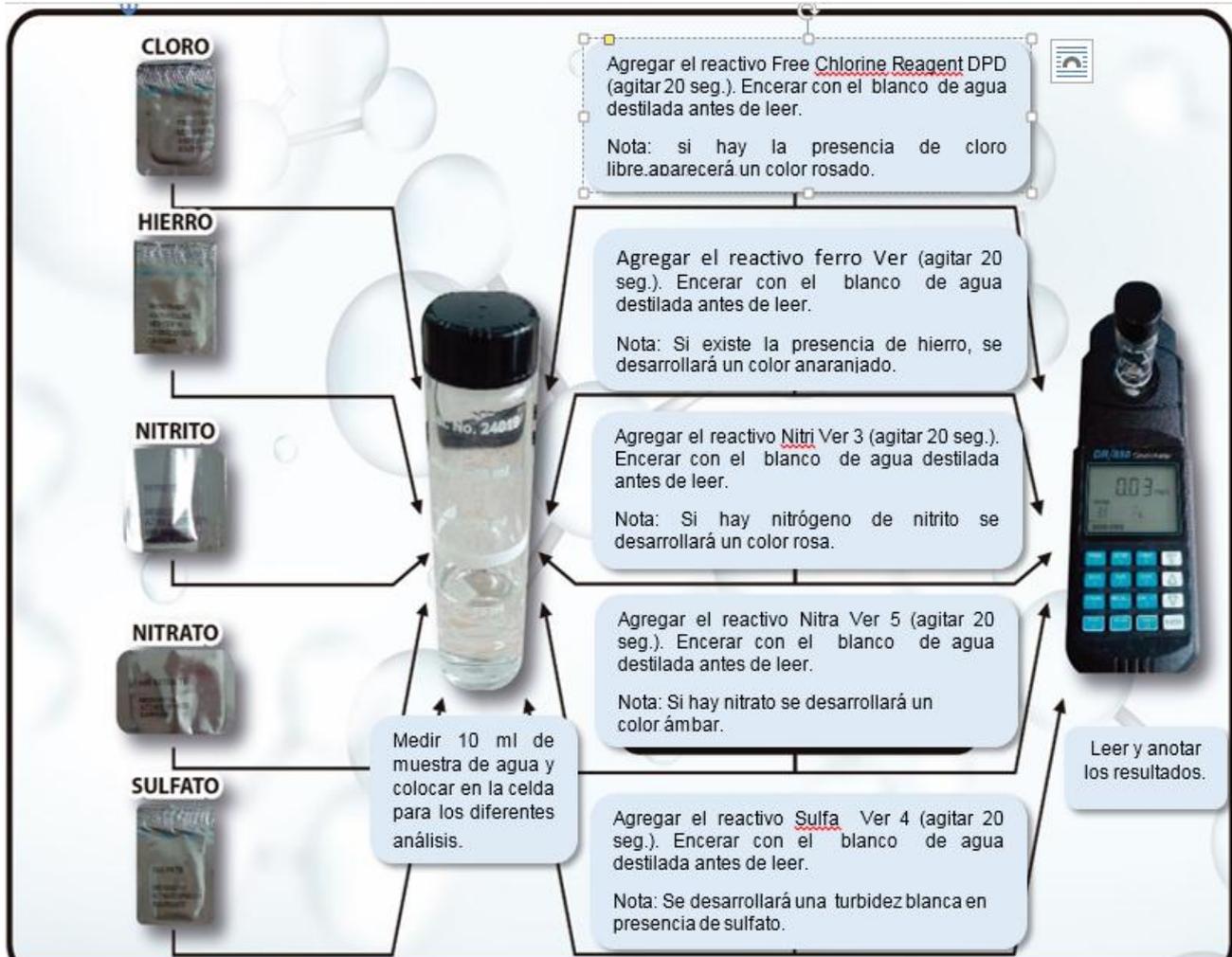
Procedimiento para la determinación de la dureza total



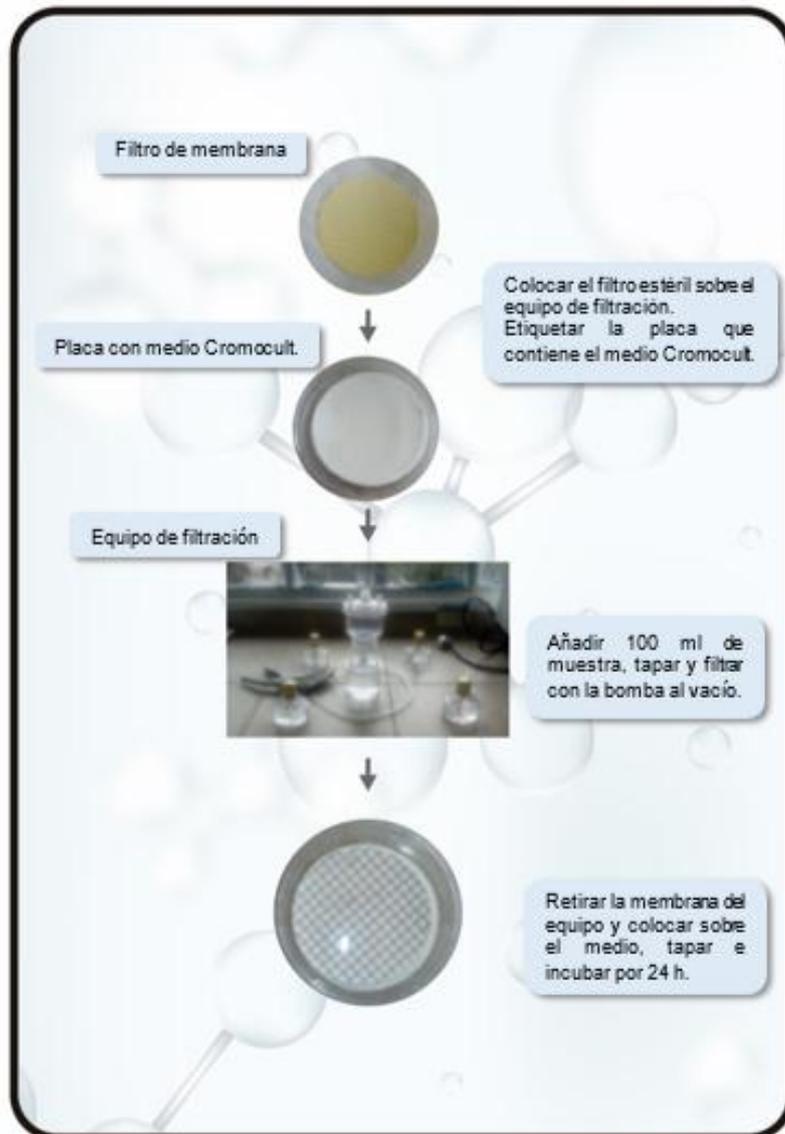
Procedimiento para la determinación de la alcalinidad total



Procedimientos para la determinación del cloro residual, hierro, nitrito, nitrato y sulfato.



Procedimiento para la determinación de filtración de membrana



Anexo 3. Resultados de los parámetros físico – químicos y microbiológicos de planta y captación.

Etapas	Fecha	Color 15 UC Pt Co	pH 6.5 - 8	Turbiedad 5 NTU	Temperatura 18-30 °C	Conductividad 400 uS/cm	Dureza T. 0-300 mg/L	Alcalinidad T. 0-370 mg/L CaCO3	Cloro R. 0.3-1.5 mg/L	Hierro 0-0.3 mg/L	Nitrito 3 mg/L	Nitrato 50 mg/L	Sulfato 400 mg/L	Coliformes fecales < 1 UFC/ 100mL
PLANTA	23/1/2018	0	6.8	0.77	18.5	147	120	240	0.88	0.08	0.032	2.5	11	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	23/1/2018	6	8.4	9.25	18.9	147	120	220	0.09	0.12	0.041	2.5	13	< 1 UFC/ 100m
PLANTA	31/1/2018	0	8	0.96	18.3	149	250	190	9	0.03	0.033	1.6	23	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	31/1/2018	2	8.4	8.36	18.3	146	250	226	0.11	0.16	0.038	2.1	14	< 1 UFC/ 100m
PLANTA	5/2/2018	0	7.8	0.19	18	150	149	198	1.4	0.12	0.052	1.6	23	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	5/2/2018	40	8.4	8.11	17.5	147	149	223	0.15	0.17	0.043	1.5	13	< 1 UFC/ 100m
PLANTA	13/2/2018	0	7.8	1.17	16	146	147	200	1.95	0.02	0.041	2.6	26	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	13/2/2018	30	7.8	13.5	15.3	149	142	208	0.11	0.13	0.029	5.4	55	< 1 UFC/ 100m
PLANTA	20/2/2018	0	7.8	0.72	17.8	146	146	120	1.64	0.08	0.027	2.8	33	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	20/2/2018	70	7.8	38.6	17.2	141	128	120	0.1	0.26	2	2.1	15	MNPC
PLANTA	27/2/2018	0	7.8	0.42	18.6	148	136	202	1.56	0.13	0.065	3.3	35	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	27/2/2018	70	8.4	5.25	18.5	146	140	225	0.13	0.08	0.09	3.5	16	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

PLANTA	6/3/2018	0	7.7	0.84	18.4	147	148	148	1.17	0.14	0.032	2.2	32	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	6/3/2018	50	8.2	9.2	18.4	149	146	150	0.43	0.17	0.039	2.2	18	< 1 UFC/ 100m
PLANTA	13/3/2018	0	7.8	0.67	18.5	146	140	205	1.22	0.08	0.041	2.3	25	< 1 UFC/ 100m
CAPTACIÓN	13/3/2018	40	7.8	6.35	18.2	146	138	200	0.15	0.11	0.047	2.6	16	< 1 UFC/ 100m

Anexo 4. Resultados de los parámetros físico – químicos y microbiológicos en red de distribución

Barrios	N° muestras	Color 15 UC Pt Co	pH 6.5 - 8	Turbiedad 5 NTU	Temperatura 18-30 °C	Conductividad 400 uS/cm	Dureza T. 0-300 mg/L	Alcalinidad T. 0-370 mg/L CaCO3	Cloro R. 0.3-1.5 mg/L	Hierro 0-0.3 mg/L	Nitrito 3 mg/L	Nitrato 50 mg/L	Sulfato 400 mg/L	Coliformes fecales < 1 UFC/ 100mL
Luntur	1	0	7.8	0.90	19.20	116.00	250	170	0.90	0.08	0.02	1.3	24	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.8	0.69	19.10	105.00	250	172	0.61	0.06	0.01	1.3	17	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.8	0.64	19.10	106.00	250	174	0.65	0.03	0.01	1.1	23	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.8	0.97	19.10	114.00	250	152	0.77	0.15	0.03	1.1	22	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	1.67	19.00	116.00	250	178	0.96	0.06	0.02	2.3	24	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.8	0.66	19.00	116.00	250	152	0.95	0.02	0.01	1.1	19	< 1 UFC/ 100m
	7	0	9.9	9.9	0.69	20.50	123.00	121	198	1.39	0.07	0.07	9.0	1

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Centro	1	0	7.8	1.08	21.00	118.00	120	210	0.81	0.07	0.02	1.6	30	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.2	0.70	20.00	122.00	120	194	0.99	0.05	0.02	1.3	30	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.8	0.73	19.00	122.00	120	178	0.99	0.10	0.01	1.3	30	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.8	0.73	18.20	122.00	120	190	1.01	0.05	0.02	1.5	29	< 1 UFC/ 100m
	5	0	6.8	0.92	18.20	122.00	250	178	0.96	0.09	0.02	2.6	25	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	1.06	18.00	122.00	120	199	0.96	0.04	0.02	1.9	26	< 1 UFC/ 100m
	7	0	9.4	0.51	21.00	125.00	116	188	0.10	0.05	0.03	9.0	26	< 1 UFC/ 100m
	8	0	9.4	0.51	20.60	123.00	110	187	1.49	0.09	0.12	11.5	1	< 1 UFC/ 100m
Pirincay	1	0	7.8	0.74	21.40	115.00	250	186	0.87	0.04	0.03	2.2	16	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.8	0.84	21.50	115.00	120	180	1.04	0.06	0.05	1.9	16	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.8	1.35	21.00	115.00	120	166	1.13	0.02	0.02	1.5	17	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.8	1.87	21.00	115.00	250	156	0.96	0.09	0.04	1.4	16	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	0.82	21.00	115.00	250	180	1.06	0.01	0.03	1.9	13	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.8	1.32	19.90	120.00	120	180	0.84	0.01	0.04	1.6	17	< 1 UFC/ 100m
	7	0	7.9	1.79	20.30	118.00	250	254	1.01	0.00	0.06	1.6	14	< 1 UFC/ 100m
	8	10	8.4	0.72	19.60	129.00	148	102	0.62	0.13	0.05	12.4	38	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

Playa	1	0	7.8	0.45	18.00	120.00	250	150	0.41	0.05	0.01	1.7	28	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.8	0.85	18.00	119.00	250	148	1.22	0.02	0.02	2.2	30	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.2	0.79	18.20	119.00	250	156	1.08	0.04	0.02	2.9	31	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.2	0.74	18.50	119.00	250	152	1.19	0.05	0.01	1.8	29	< 1 UFC/ 100m
	5	0	6.8	0.65	18.50	119.00	250	154	1.19	0.09	0.02	1.6	23	< 1 UFC/ 100m
	6	0	6.8	0.90	18.70	119.00	120	174	1.28	0.02	0.03	1.8	29	< 1 UFC/ 100m
Calvario	1	0	6.8	0.67	21.10	57.00	48	78	1.13	0.06	0.02	1.7	9	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.8	0.57	20.50	61.00	44	70	1.05	0.07	0.02	1.3	12	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.2	2.20	20.60	57.00	48	76	1.12	0.02	0.02	1.9	12	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.8	1.07	18.70	60.00	50	76	0.51	0.03	0.01	1.0	14	< 1 UFC/ 100m
	5	0	6.8	0.95	19.60	59.00	48	66	1.05	0.08	0.03	2.5	14	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	0.62	19.30	59.00	24	76	1.10	0.08	0.04	1.3	8	< 1 UFC/ 100m
Pancalle	1	0	6.8	1.04	18.30	63.00	55	79	1.32	0.10	0.03	2.5	15	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.8	1.18	18.60	64.00	49	90	1.07	0.08	0.02	1.7	14	< 1 UFC/ 100m
	3	0	6.2	0.63	18.60	64.00	51	79	1.60	0.04	0.03	1.7	16	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.2	1.08	18.40	64.00	54	70	1.60	0.07	0.02	1.8	14	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

	5	0	6.2	0.53	18.10	118.00	109	148	1.05	0.05	0.03	2.0	24	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	0.81	18.20	121.00	117	146	1.52	0.06	0.03	2.3	27	< 1 UFC/ 100m
	7	0	7.2	0.56	18.00	121.00	110	154	1.38	0.00	0.04	1.9	26	< 1 UFC/ 100m
Zhumir	1	0	6.8	1.09	17.00	119.00	112	141	1.12	0.05	0.05	2.5	23	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.8	1.09	17.80	118.00	99	146	0.80	0.07	0.04	2.6	27	< 1 UFC/ 100m
	3	0	6.2	0.92	18.50	119.00	115	138	0.72	0.01	0.01	1.2	33	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.8	0.99	17.30	119.00	114	146	1.03	0.03	0.03	1.7	27	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	1.36	18.10	120.00	104	144	0.74	0.03	0.03	3.3	32	< 1 UFC/ 100m
	6	0	6.2	0.72	17.80	119.00	104	145	1.00	0.05	0.06	2.2	24	< 1 UFC/ 100m
Don Bosco	1	0	7.2	0.58	19.00	116.00	106	147	0.03	0.05	0.04	2.2	21	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.2	0.80	19.40	116.00	104	140	0.02	0.01	0.07	1.7	23	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.2	0.57	18.40	118.00	113	145	0.24	0.11	0.03	4.9	24	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.2	0.81	18.30	115.00	105	147	0.04	0.06	0.05	2.3	25	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.2	2.39	18.50	118.00	115	135	0.06	0.12	0.04	2.5	18	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	0.52	19.00	119.00	112	152	0.28	0.03	0.02	2.1	18	< 1 UFC/ 100m
	7	0	7.2	0.66	18.80	115.00	106	154	0.50	0.04	0.05	1.2	20	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

	8	0	10.6	0.53	19.60	121.00	111	212	1.32	0.03	0.12	19.6	2	< 1 UFC/ 100m
	9	0	7.0	0.60	20.50	73.00	63	140	0.95	0.10	0.09	12.5	17	< 1 UFC/ 100m
Sauces	1	0	6.8	1.24	17.70	117.00	111	149	0.18	0.12	0.06	2.6	20	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.8	0.99	17.10	117.00	105	149	1.28	0.01	0.07	2.9	24	< 1 UFC/ 100m
	3	0	6.8	0.76	16.00	118.00	103	147	0.46	0.04	0.04	3.4	27	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.2	4.00	15.90	113.00	152	148	0.25	0.81	0.07	3.1	28	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.2	0.54	17.30	115.00	117	146	1.23	0.06	0.06	3.3	25	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	0.64	17.10	114.00	116	151	1.22	0.03	0.07	2.4	21	< 1 UFC/ 100m
Centenario	1	0	6.2	0.89	17.70	62.00	70	77	0.74	0.03	0.06	2.1	17	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.8	0.93	18.10	62.00	71	68	0.51	0.04	0.03	1.7	17	< 1 UFC/ 100m
	3	0	6.8	0.70	17.70	62.00	70	64	0.65	0.10	0.03	3.5	18	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.8	0.74	18.00	62.00	58	72	0.59	0.03	0.06	1.9	17	< 1 UFC/ 100m
	5	0	6.2	0.44	18.10	62.00	54	70	0.51	0.04	0.05	5.6	17	< 1 UFC/ 100m
	6	0	6.2	0.49	18.00	66.00	66	71	0.09	0.12	0.06	1.4	17	< 1 UFC/ 100m
	7	0	6.8	0.66	18.10	63.00	64	72	0.87	0.04	0.04	3.2	15	< 1 UFC/ 100m
11 de Febrero	1	0	7.2	0.44	17.60	116.00	114	154	0.50	0.12	0.04	2.6	28	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

	2	0	7.8	0.54	17.80	116.00	106	152	0.99	0.07	0.08	3.7	30	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.8	0.59	15.80	116.00	105	151	1.35	0.01	0.04	1.7	30	< 1 UFC/ 100m
	4	0	6.2	0.51	16.20	114.00	105	148	1.26	0.12	0.06	2.3	25	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	0.54	17.00	117.00	113	148	1.26	0.09	0.03	1.6	26	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.8	0.63	16.40	116.00	112	157	1.19	0.08	0.03	1.7	17	< 1 UFC/ 100m
Asociación de Trabajadores	1	0	6.2	0.64	19.50	121.00	108	150	1.28	0.08	0.07	3.2	37	< 1 UFC/ 100m
	2	0	6.2	0.52	19.40	121.00	114	150	1.31	0.12	0.03	1.6	34	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.2	0.60	19.50	120.00	108	160	1.27	0.12	0.06	3.0	35	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.8	0.43	19.50	122.00	112	150	1.28	0.07	0.06	3.8	32	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	0.51	18.60	122.00	112	150	1.26	0.06	0.06	3.3	32	< 1 UFC/ 100m
Peñas	1	0	7.2	0.53	19.40	79.00	61	103	0.42	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.8	0.72	19.60	122.00	114	192	0.60	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m
	3	0	7.8	0.73	19.00	120.00	111	199	0.35	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.2	0.48	19.60	119.00	118	206	0.62	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.8	0.61	19.30	119.00	116	208	0.45	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.2	0.65	19.00	116.00	116	190	0.32	0.00	0.00	0.0	0	< 1 UFC/ 100m

UNIVERSIDAD DE CUENCA

	7	0	7.2	0.39	19.20	122.00	162	106	0.68	0.10	0.05	7.9	36	< 1 UFC/ 100m
Jardines de Paute	1	0	7.2	0.64	19.40	123.00	150	128	0.09	0.04	0.08	16.1	29	< 1 UFC/ 100m
	2	0	7.2	0.45	19.20	122.00	150	106	0.08	0.02	0.03	14.9	38	< 1 UFC/ 100m
	3	0	6.8	3.45	18.80	114.00	149	102	0.04	0.47	0.07	9.6	27	< 1 UFC/ 100m
	4	0	7.2	0.49	19.00	123.00	155	114	0.39	0.11	0.09	10.4	36	< 1 UFC/ 100m
	5	0	7.2	0.97	19.20	122.00	139	118	0.10	0.09	0.05	11.6	32	< 1 UFC/ 100m
	6	0	7.8	0.53	19.00	121.00	154	116	0.11	0.13	0.08	14.0	34	< 1 UFC/ 100m

Anexo 5. Resultado físico – químico en el test Tukey

Variable dependiente	HSD Tukey				
	(I) Barrios	(J) Barrios	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.
pH	LUNTUR	PANCALLE	1.4429*	0.3487	0.006
		ZHUMIR	1.3333*	0.3629	0.027
		SAUCES	1.2667*	0.3629	0.046
		CENTENARIO	1.5571*	0.3487	0.002
	CENTRO	PANCALLE	1.2616*	0.3376	0.022
		CENTENARIO	1.3759*	0.3376	0.008
	PIRINCAY	PANCALLE	1.2304*	0.3376	0.029
		CENTENARIO	1.3446*	0.3376	0.01
	PANCALLE	LUNTUR	-1.4429*	0.3487	0.006
		CENTRO	-1.2616*	0.3376	0.022
		PIRINCAY	-1.2304*	0.3376	0.029
	ZHUMIR	LUNTUR	-1.3333*	0.3629	0.027
	SAUCES	LUNTUR	-1.2667*	0.3629	0.046
	CENTENARIO	LUNTUR	-1.5571*	0.3487	0.002
CENTRO		-1.3759*	0.3376	0.008	
PIRINCAY		-1.3446*	0.3376	0.01	
Temperatura	LUNTUR	PIRINCAY	-1.4268*	0.3401	0.005
		SAUCES	2.4357*	0.3655	0
		CENTENARIO	1.3286*	0.3512	0.019
		11 DE FEBRERO	2.4857*	0.3655	0
	CENTRO	PIRINCAY	-1.2125*	0.3285	0.026
		PANCALLE	1.1857*	0.3401	0.046
		ZHUMIR	1.7500*	0.3548	0
		SAUCES	2.6500*	0.3548	0
		CENTENARIO	1.5429*	0.3401	0.002
		11 DE FEBRERO	2.7000*	0.3548	0
		PIRINCAY	LUNTUR	1.4268*	0.3401
	CENTRO	1.2125*	0.3285	0.026	
	PLAYA	2.3958*	0.3548	0	
	PANCALLE	2.3982*	0.3401	0	
	ZHUMIR	2.9625*	0.3548	0	
	DON BOSCO	1.6569*	0.3193	0	
	SAUCES	3.8625*	0.3548	0	
	CENTENARIO	2.7554*	0.3401	0	
11 DE FEBRERO	3.9125*	0.3548	0		



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		ASOCIACION DE TRABAJADORES	1.4125*	0.3746	0.02
		PEÑAS	1.4125*	0.3401	0.006
		JARDINES DE PAUTE	1.6125*	0.3548	0.001
	PLAYA	PIRINCAY	-2.3958*	0.3548	0
		CALVARIO	-1.6500*	0.3793	0.003
		SAUCES	1.4667*	0.3793	0.015
		11 DE FEBRERO	1.5167*	0.3793	0.01
	CALVARIO	PLAYA	1.6500*	0.3793	0.003
		PANCALLE	1.6524*	0.3655	0.002
		ZHUMIR	2.2167*	0.3793	0
		SAUCES	3.1167*	0.3793	0
		CENTENARIO	2.0095*	0.3655	0
		11 DE FEBRERO	3.1667*	0.3793	0
	PANCALLE	CENTRO	-1.1857*	0.3401	0.046
		PIRINCAY	-2.3982*	0.3401	0
		CALVARIO	-1.6524*	0.3655	0.002
		SAUCES	1.4643*	0.3655	0.01
		11 DE FEBRERO	1.5143*	0.3655	0.006
	ZHUMIR	LUNTUR	-1.5357*	0.3655	0.005
		CENTRO	-1.7500*	0.3548	0
		PIRINCAY	-2.9625*	0.3548	0
		CALVARIO	-2.2167*	0.3793	0
		DON BOSCO	-1.3056*	0.3463	0.02
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-1.5500*	0.3979	0.014
		PEÑAS	-1.5500*	0.3655	0.004
		JARDINES DE PAUTE	-1.3500*	0.3793	0.038
	DON BOSCO	PIRINCAY	-1.6569*	0.3193	0
		ZHUMIR	1.3056*	0.3463	0.02
		SAUCES	2.2056*	0.3463	0
		11 DE FEBRERO	2.2556*	0.3463	0
	SAUCES	LUNTUR	-2.4357*	0.3655	0
		CENTRO	-2.6500*	0.3548	0
		PIRINCAY	-3.8625*	0.3548	0
		PLAYA	-1.4667*	0.3793	0.015
		CALVARIO	-3.1167*	0.3793	0
		PANCALLE	-1.4643*	0.3655	0.01
		DON BOSCO	-2.2056*	0.3463	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-2.4500*	0.3979	0
		PEÑAS	-2.4500*	0.3655	0
		JARDINES DE PAUTE	-2.2500*	0.3793	0
	CENTENARIO	LUNTUR	-1.3286*	0.3512	0.019
		CENTRO	-1.5429*	0.3401	0.002



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		PIRINCAY	-2.7554*	0.3401	0		
		CALVARIO	-2.0095*	0.3655	0		
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-1.3429*	0.3847	0.046		
		PEÑAS	-1.3429*	0.3512	0.017		
11 DE FEBRERO		LUNTUR	-2.4857*	0.3655	0		
		CENTRO	-2.7000*	0.3548	0		
		PIRINCAY	-3.9125*	0.3548	0		
		PLAYA	-1.5167*	0.3793	0.01		
		CALVARIO	-3.1667*	0.3793	0		
		PANCALLE	-1.5143*	0.3655	0.006		
		DON BOSCO	-2.2556*	0.3463	0		
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-2.5000*	0.3979	0		
		PEÑAS	-2.5000*	0.3655	0		
		JARDINES DE PAUTE	-2.3000*	0.3793	0		
		ASOCIACION DE TRABAJADORES		PIRINCAY	-1.4125*	0.3746	0.02
				ZHUMIR	1.5500*	0.3979	0.014
SAUCES	2.4500*			0.3979	0		
CENTENARIO	1.3429*			0.3847	0.046		
11 DE FEBRERO	2.5000*			0.3979	0		
PEÑAS		PIRINCAY	-1.4125*	0.3401	0.006		
		ZHUMIR	1.5500*	0.3655	0.004		
		SAUCES	2.4500*	0.3655	0		
		CENTENARIO	1.3429*	0.3512	0.017		
		11 DE FEBRERO	2.5000*	0.3655	0		
JARDINES DE PAUTE		PIRINCAY	-1.6125*	0.3548	0.001		
		ZHUMIR	1.3500*	0.3793	0.038		
		SAUCES	2.2500*	0.3793	0		
		11 DE FEBRERO	2.3000*	0.3793	0		
Conductividad	LUNTUR	CALVARIO	54.881*	5.964	0		
		PANCALLE	25.857*	5.73	0.002		
		CENTENARIO	51.000*	5.73	0		
	CENTRO	CALVARIO	63.167*	5.789	0		
		PANCALLE	34.143*	5.548	0		
		CENTENARIO	59.286*	5.548	0		
	PIRINCAY	CALVARIO	58.917*	5.789	0		
		PANCALLE	29.893*	5.548	0		
		CENTENARIO	55.036*	5.548	0		
	PLAYA	CALVARIO	60.333*	6.189	0		
		PANCALLE	31.310*	5.964	0		
		CENTENARIO	56.452*	5.964	0		
CALVARIO	LUNTUR	-54.881*	5.964	0			
	CENTRO	-63.167*	5.789	0			
	PIRINCAY	-58.917*	5.789	0			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		PLAYA	-60.333*	6.189	0
		PANCALLE	-29.024*	5.964	0
		ZHUMIR	-60.167*	6.189	0
		DON BOSCO	-53.500*	5.65	0
		SAUCES	-56.833*	6.189	0
		11 DE FEBRERO	-57.000*	6.189	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-62.367*	6.491	0
		PEÑAS	-55.024*	5.964	0
		JARDINES DE PAUTE	-62.000*	6.189	0
	PANCALLE	LUNTUR	-25.857*	5.73	0.002
		CENTRO	-34.143*	5.548	0
		PIRINCAY	-29.893*	5.548	0
		PLAYA	-31.310*	5.964	0
		CALVARIO	29.024*	5.964	0
		ZHUMIR	-31.143*	5.964	0
		DON BOSCO	-24.476*	5.402	0.002
		SAUCES	-27.810*	5.964	0.001
		CENTENARIO	25.143*	5.73	0.003
		11 DE FEBRERO	-27.976*	5.964	0.001
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-33.343*	6.277	0
		PEÑAS	-26.000*	5.73	0.002
		JARDINES DE PAUTE	-32.976*	5.964	0
	ZHUMIR	CALVARIO	60.167*	6.189	0
		PANCALLE	31.143*	5.964	0
		CENTENARIO	56.286*	5.964	0
	DON BOSCO	CALVARIO	53.500*	5.65	0
		PANCALLE	24.476*	5.402	0.002
		CENTENARIO	49.619*	5.402	0
	SAUCES	CALVARIO	56.833*	6.189	0
		PANCALLE	27.810*	5.964	0.001
		CENTENARIO	52.952*	5.964	0
	CENTENARIO	LUNTUR	-51.000*	5.73	0
		CENTRO	-59.286*	5.548	0
		PIRINCAY	-55.036*	5.548	0
		PLAYA	-56.452*	5.964	0
		PANCALLE	-25.143*	5.73	0.003
		ZHUMIR	-56.286*	5.964	0
		DON BOSCO	-49.619*	5.402	0
		SAUCES	-52.952*	5.964	0
		11 DE FEBRERO	-53.119*	5.964	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-58.486*	6.277	0
		PEÑAS	-51.143*	5.73	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Dureza total	11 DE FEBRERO	JARDINES DE PAUTE	-58.119*	5.964	0
		CALVARIO	57.000*	6.189	0
		PANCALLE	27.976*	5.964	0.001
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	CENTENARIO	53.119*	5.964	0
		CALVARIO	62.367*	6.491	0
		PANCALLE	33.343*	6.277	0
	PEÑAS	CENTENARIO	58.486*	6.277	0
		CALVARIO	55.024*	5.964	0
		PANCALLE	26.000*	5.73	0.002
	JARDINES DE PAUTE	CENTENARIO	51.143*	5.73	0
		CALVARIO	62.000*	6.189	0
		PANCALLE	32.976*	5.964	0
	LUNTUR	CENTENARIO	58.119*	5.964	0
		CENTRO	97.071*	17.425	0
		CALVARIO	187.838*	18.731	0
		PANCALLE	153.714*	17.996	0
		ZHUMIR	123.571*	18.731	0
		DON BOSCO	127.683*	16.967	0
		SAUCES	114.238*	18.731	0
		CENTENARIO	166.857*	17.996	0
		11 DE FEBRERO	122.405*	18.731	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	120.771*	19.714	0
		PEÑAS	117.571*	17.996	0
		JARDINES DE PAUTE	82.071*	18.731	0.003
		CENTRO	LUNTUR	-97.071*	17.425
	PLAYA		-93.833*	18.183	0
	CALVARIO		90.767*	18.183	0
CENTENARIO	69.786*		17.425	0.01	
PIRINCAY	CALVARIO	144.767*	18.183	0	
	PANCALLE	110.643*	17.425	0	
	ZHUMIR	80.500*	18.183	0.002	
	DON BOSCO	84.611*	16.359	0	
	SAUCES	71.167*	18.183	0.013	
	CENTENARIO	123.786*	17.425	0	
	11 DE FEBRERO	79.333*	18.183	0.003	
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	77.700*	19.193	0.008	
PLAYA	PEÑAS	74.500*	17.425	0.004	
	CENTRO	93.833*	18.183	0	
	CALVARIO	184.600*	19.438	0	
	PANCALLE	150.476*	18.731	0	
		ZHUMIR	120.333*	19.438	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		DON BOSCO	124.444*	17.744	0
		SAUCES	111.000*	19.438	0
		CENTENARIO	163.619*	18.731	0
		11 DE FEBRERO	119.167*	19.438	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	117.533*	20.387	0
		PEÑAS	114.333*	18.731	0
		JARDINES DE PAUTE	78.833*	19.438	0.008
	CALVARIO	LUNTUR	- 187.838*	18.731	0
		CENTRO	-90.767*	18.183	0
		PIRINCAY	- 144.767*	18.183	0
		PLAYA	- 184.600*	19.438	0
		SAUCES	-73.600*	19.438	0.019
		PEÑAS	-70.267*	18.731	0.021
		JARDINES DE PAUTE	- 105.767*	19.438	0
	PANCALLE	LUNTUR	- 153.714*	17.996	0
		PIRINCAY	- 110.643*	17.425	0
		PLAYA	- 150.476*	18.731	0
		JARDINES DE PAUTE	-71.643*	18.731	0.017
	ZHUMIR	LUNTUR	- 123.571*	18.731	0
		PIRINCAY	-80.500*	18.183	0.002
		PLAYA	- 120.333*	19.438	0
	DON BOSCO	LUNTUR	- 127.683*	16.967	0
		PIRINCAY	-84.611*	16.359	0
		PLAYA	- 124.444*	17.744	0
	SAUCES	LUNTUR	- 114.238*	18.731	0
		PIRINCAY	-71.167*	18.183	0.013
		PLAYA	- 111.000*	19.438	0
		CALVARIO	73.600*	19.438	0.019
	CENTENARIO	LUNTUR	- 166.857*	17.996	0
		CENTRO	-69.786*	17.425	0.01
		PIRINCAY	- 123.786*	17.425	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		PLAYA	-	18.731	0
			163.619*		
		JARDINES DE PAUTE	-84.786*	18.731	0.002
	11 DE FEBRERO	LUNTUR	-	18.731	0
			122.405*		
		PIRINCAY	-79.333*	18.183	0.003
		PLAYA	-	19.438	0
			119.167*		
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	LUNTUR	-	19.714	0
			120.771*		
		PIRINCAY	-77.700*	19.193	0.008
		PLAYA	-	20.387	0
			117.533*		
	PEÑAS	LUNTUR	-	17.996	0
			117.571*		
		PIRINCAY	-74.500*	17.425	0.004
		PLAYA	-	18.731	0
			114.333*		
		CALVARIO	70.267*	18.731	0.021
	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR	-82.071*	18.731	0.003
PLAYA		-78.833*	19.438	0.008	
CALVARIO		105.767*	19.438	0	
PANCALLE		71.643*	18.731	0.017	
CENTENARIO		84.786*	18.731	0.002	
Alcalinidad total	LUNTUR	CALVARIO	97.190*	12.7	0
		PANCALLE	61.429*	12.202	0
		CENTENARIO	100.286*	12.202	0
		JARDINES DE PAUTE	56.857*	12.7	0.002
	CENTRO	CALVARIO	116.833*	12.328	0
		PANCALLE	81.071*	11.814	0
		ZHUMIR	47.167*	12.328	0.017
		CENTENARIO	119.929*	11.814	0
		JARDINES DE PAUTE	76.500*	12.328	0
	PIRINCAY	CALVARIO	101.833*	12.328	0
		PANCALLE	66.071*	11.814	0
		CENTENARIO	104.929*	11.814	0
		JARDINES DE PAUTE	61.500*	12.328	0
PLAYA	CALVARIO	82.000*	13.179	0	
	PANCALLE	46.238*	12.7	0.03	
	CENTENARIO	85.095*	12.7	0	
CALVARIO	LUNTUR	-97.190*	12.7	0	
	CENTRO	-	12.328	0	
		116.833*			
	PIRINCAY	-	12.328	0	
		101.833*			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		PLAYA	-82.000*	13.179	0
		ZHUMIR	-69.667*	13.179	0
		DON BOSCO	-78.778*	12.031	0
		SAUCES	-74.667*	13.179	0
		11 DE FEBRERO	-78.000*	13.179	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-78.333*	13.823	0
		PEÑAS	-98.333*	12.7	0
	PANCALLE	LUNTUR	-61.429*	12.202	0
		CENTRO	-81.071*	11.814	0
		PIRINCAY	-66.071*	11.814	0
		PLAYA	-46.238*	12.7	0.03
		DON BOSCO	-43.016*	11.504	0.022
		PEÑAS	-62.571*	12.202	0
	ZHUMIR	CENTRO	-47.167*	12.328	0.017
		CALVARIO	69.667*	13.179	0
		CENTENARIO	72.762*	12.7	0
	DON BOSCO	CALVARIO	78.778*	12.031	0
		PANCALLE	43.016*	11.504	0.022
		CENTENARIO	81.873*	11.504	0
	SAUCES	CALVARIO	74.667*	13.179	0
		CENTENARIO	77.762*	12.7	0
	CENTENARIO	LUNTUR	- 100.286*	12.202	0
		CENTRO	- 119.929*	11.814	0
		PIRINCAY	- 104.929*	11.814	0
		PLAYA	-85.095*	12.7	0
		ZHUMIR	-72.762*	12.7	0
		DON BOSCO	-81.873*	11.504	0
		SAUCES	-77.762*	12.7	0
		11 DE FEBRERO	-81.095*	12.7	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-81.429*	13.366	0
		PEÑAS	- 101.429*	12.202	0
	11 DE FEBRERO	CALVARIO	78.000*	13.179	0
		CENTENARIO	81.095*	12.7	0
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	CALVARIO	78.333*	13.823	0
		CENTENARIO	81.429*	13.366	0
	PEÑAS	CALVARIO	98.333*	12.7	0
		PANCALLE	62.571*	12.202	0
		CENTENARIO	101.429*	12.202	0
		JARDINES DE PAUTE	58.000*	12.7	0.001

	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR	-56.857*	12.7	0.002
		CENTRO	-76.500*	12.328	0
		PIRINCAY	-61.500*	12.328	0
		PEÑAS	-58.000*	12.7	0.001
Cloro residual	CENTRO	JARDINES DE PAUTE	.75500*	0.16546	0.001
		DON BOSCO	.53153*	0.14451	0.027
		JARDINES DE PAUTE	.77875*	0.16061	0
	PIRINCAY	DON BOSCO	.55903*	0.14451	0.015
		JARDINES DE PAUTE	.80625*	0.16061	0
	PLAYA	DON BOSCO	.67944*	0.15674	0.003
		JARDINES DE PAUTE	.92667*	0.1717	0
	CALVARIO	DON BOSCO	.61111*	0.15674	0.013
		JARDINES DE PAUTE	.85833*	0.1717	0
	PANCALLE	DON BOSCO	.98063*	0.14988	0
		SAUCES	.59286*	0.16546	0.035
		CENTENARIO	.79714*	0.15897	0
		PEÑAS	.87143*	0.15897	0
		JARDINES DE PAUTE	1.22786*	0.16546	0
		JARDINES DE PAUTE	.76667*	0.1717	0.002
	DON BOSCO	CENTRO	-.53153*	0.14451	0.027
		PIRINCAY	-.55903*	0.14451	0.015
		PLAYA	-.67944*	0.15674	0.003
		CALVARIO	-.61111*	0.15674	0.013
		PANCALLE	-.98063*	0.14988	0
		11 DE FEBRERO	-.70944*	0.15674	0.002
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-.89778*	0.16588	0
	SAUCES	PANCALLE	-.59286*	0.16546	0.035
		JARDINES DE PAUTE	.63500*	0.1717	0.025
	CENTENARIO	PANCALLE	-.79714*	0.15897	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-.71429*	0.17414	0.007
	11 DE FEBRERO	DON BOSCO	.70944*	0.15674	0.002
		PEÑAS	.60024*	0.16546	0.031
		JARDINES DE PAUTE	.95667*	0.1717	0
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	DON BOSCO	.89778*	0.16588	0
		CENTENARIO	.71429*	0.17414	0.007
		PEÑAS	.78857*	0.17414	0.002
		JARDINES DE PAUTE	1.14500*	0.18008	0
	PEÑAS	PANCALLE	-.87143*	0.15897	0
		11 DE FEBRERO	-.60024*	0.16546	0.031
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	-.78857*	0.17414	0.002
	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR	-.75500*	0.16546	0.001
		CENTRO	-.77875*	0.16061	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

		PIRINCAY	- .80625*	0.16061	0
		PLAYA	- .92667*	0.1717	0
		CALVARIO	- .85833*	0.1717	0
		PANCALLE	- 1.22786*	0.16546	0
		ZHUMIR	- .76667*	0.1717	0.002
		SAUCES	- .63500*	0.1717	0.025
		11 DE FEBRERO	- .95667*	0.1717	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 1.14500*	0.18008	0
Nitrito	LUNTUR	JARDINES DE PAUTE	- .041357*	0.01130 4	0.028
	PLAYA	SAUCES	- .043167*	0.01173	0.026
		JARDINES DE PAUTE	- .048000*	0.01173	0.007
	CALVARIO	SAUCES	- .040833*	0.01173	0.047
		JARDINES DE PAUTE	- .045667*	0.01173	0.014
	DON BOSCO	PEÑAS	.047730*	0.01023 9	0.001
	SAUCES	PLAYA	.043167*	0.01173	0.026
		CALVARIO	.040833*	0.01173	0.047
		PEÑAS	.053952*	0.01130 4	0.001
	CENTENARIO	PEÑAS	.039000*	0.01086	0.034
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	PEÑAS	.050286*	0.01189 7	0.005
	PEÑAS	DON BOSCO	- .047730*	0.01023 9	0.001
		SAUCES	- .053952*	0.01130 4	0.001
		CENTENARIO	- .039000*	0.01086	0.034
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	- .050286*	0.01189 7	0.005
		JARDINES DE PAUTE	- .058786*	0.01130 4	0
	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR	.041357*	0.01130 4	0.028
		PLAYA	.048000*	0.01173	0.007
		CALVARIO	.045667*	0.01173	0.014
		PEÑAS	.058786*	0.01130 4	0



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Nitrato	LUNTUR	JARDINES DE PAUTE	- 10.3095*	1.6471	0	
	CENTRO	JARDINES DE PAUTE	-8.9292*	1.5989	0	
	PIRINCAY	JARDINES DE PAUTE	-9.7042*	1.5989	0	
	PLAYA	JARDINES DE PAUTE	- 10.7667*	1.7093	0	
	CALVARIO	JARDINES DE PAUTE	- 11.1500*	1.7093	0	
	PANCALLE	JARDINES DE PAUTE	- 10.7810*	1.6471	0	
	ZHUMIR	JARDINES DE PAUTE	- 10.5167*	1.7093	0	
	DON BOSCO	JARDINES DE PAUTE	-7.3222*	1.5603	0.001	
	SAUCES	JARDINES DE PAUTE	-9.8167*	1.7093	0	
	CENTENARIO	JARDINES DE PAUTE	-9.9952*	1.6471	0	
	11 DE FEBRERO	JARDINES DE PAUTE	- 10.5000*	1.7093	0	
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	JARDINES DE PAUTE	-9.7867*	1.7927	0	
	PEÑAS	JARDINES DE PAUTE	- 11.6381*	1.6471	0	
	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR		10.3095*	1.6471	0
		CENTRO		8.9292*	1.5989	0
		PIRINCAY		9.7042*	1.5989	0
		PLAYA		10.7667*	1.7093	0
		CALVARIO		11.1500*	1.7093	0
		PANCALLE		10.7810*	1.6471	0
		ZHUMIR		10.5167*	1.7093	0
DON BOSCO			7.3222*	1.5603	0.001	
SAUCES			9.8167*	1.7093	0	
CENTENARIO			9.9952*	1.6471	0	
11 DE FEBRERO			10.5000*	1.7093	0	
ASOCIACION DE TRABAJADORES			9.7867*	1.7927	0	
PEÑAS			11.6381*	1.6471	0	
Sulfato	LUNTUR	ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 15.42857 *	3.95155	0.013	
		PEÑAS	13.26429 *	3.60725	0.027	
		JARDINES DE PAUTE	- 14.09524 *	3.75455	0.021	
	CENTRO	CALVARIO	13.12500 *	3.64463	0.033	
		PEÑAS	19.31786 *	3.49271	0	

UNIVERSIDAD DE CUENCA

	PIRINCAY	ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 15.62500 *	3.84727	0.008
		PEÑAS	13.06786 *	3.49271	0.022
		JARDINES DE PAUTE	- 14.29167 *	3.64463	0.013
	PLAYA	CALVARIO	16.83333 *	3.89628	0.003
		PEÑAS	23.02619 *	3.75455	0
	CALVARIO	CENTRO	- 13.12500 *	3.64463	0.033
		PLAYA	- 16.83333 *	3.89628	0.003
		ZHUMIR	- 16.16667 *	3.89628	0.006
		11 DE FEBRERO	- 14.50000 *	3.89628	0.023
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 22.50000 *	4.08645	0
		JARDINES DE PAUTE	- 21.16667 *	3.89628	0
		PANCALLE	ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 14.57143 *	3.95155
	PEÑAS		14.12143 *	3.60725	0.013
	JARDINES DE PAUTE		- 13.23810 *	3.75455	0.041
	ZHUMIR	CALVARIO	16.16667 *	3.89628	0.006
		PEÑAS	22.35952 *	3.75455	0
		JARDINES DE PAUTE	-5	3.89628	0.99
	DON BOSCO	ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 15.33333 *	3.76416	0.008
		PEÑAS	13.35952 *	3.40095	0.012



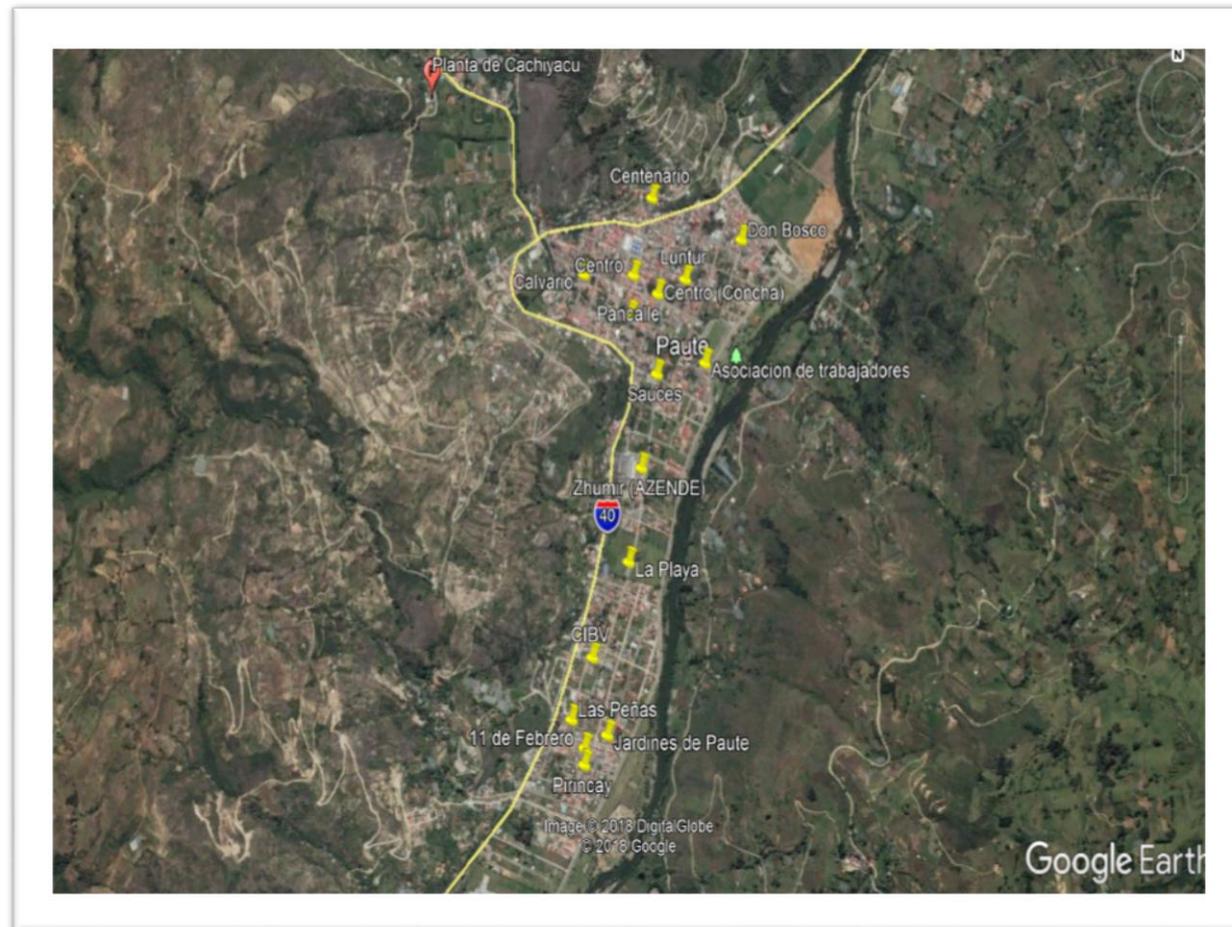
UNIVERSIDAD DE CUENCA

		JARDINES DE PAUTE	- 14.00000 *	3.5568	0.012
	SAUCES	PEÑAS	18.85952 *	3.75455	0
	CENTENARIO	ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 17.14286 *	3.95155	0.003
		JARDINES DE PAUTE	- 15.80952 *	3.75455	0.005
	11 DE FEBRERO	CALVARIO	14.50000 *	3.89628	0.023
		PEÑAS	20.69286 *	3.75455	0
	ASOCIACION DE TRABAJADORES	LUNTUR	15.42857 *	3.95155	0.013
		PIRINCAY	15.62500 *	3.84727	0.008
		CALVARIO	22.50000 *	4.08645	0
		PANCALLE	14.57143 *	3.95155	0.026
		DON BOSCO	15.33333 *	3.76416	0.008
		CENTENARIO	17.14286 *	3.95155	0.003
		PEÑAS	28.69286 *	3.95155	0
	PEÑAS	LUNTUR	- 13.26429 *	3.60725	0.027
		CENTRO	- 19.31786 *	3.49271	0
		PIRINCAY	- 13.06786 *	3.49271	0.022
		PLAYA	- 23.02619 *	3.75455	0
		PANCALLE	- 14.12143 *	3.60725	0.013
		ZHUMIR	- 22.35952 *	3.75455	0

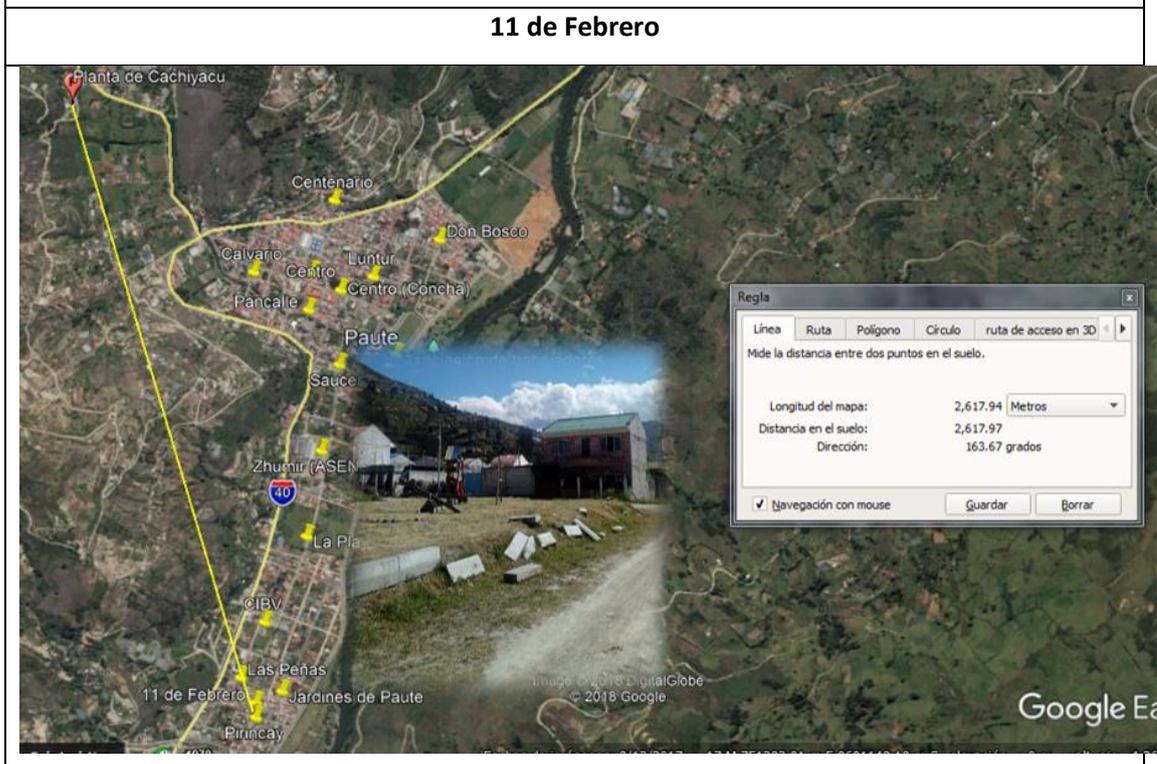
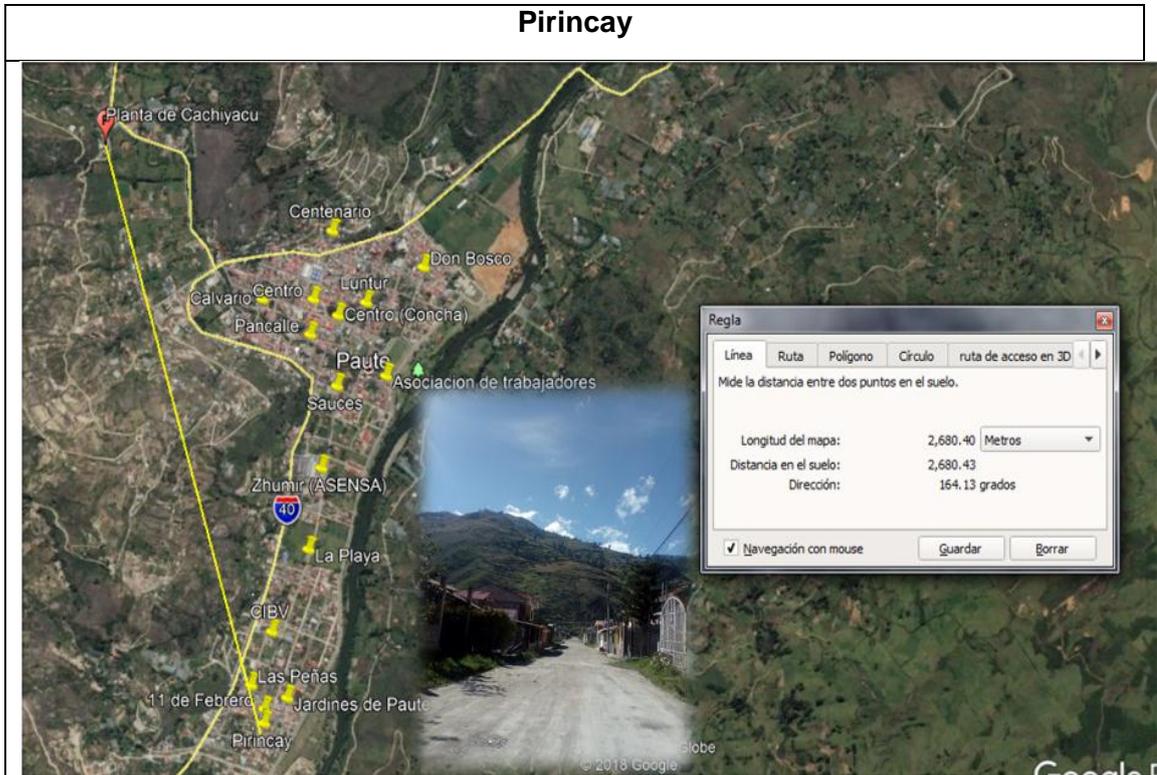
UNIVERSIDAD DE CUENCA

		DON BOSCO	- 13.35952 *	3.40095	0.012
		SAUCES	- 18.85952 *	3.75455	0
		11 DE FEBRERO	- 20.69286 *	3.75455	0
		ASOCIACION DE TRABAJADORES	- 28.69286 *	3.95155	0
		JARDINES DE PAUTE	- 27.35952 *	3.75455	0
	JARDINES DE PAUTE	LUNTUR	14.09524 *	3.75455	0.021
	JARDINES DE PAUTE	PIRINCAY	14.29167 *	3.64463	0.013
	JARDINES DE PAUTE	CALVARIO	21.16667 *	3.89628	0
	JARDINES DE PAUTE	PANCALLE	13.23810 *	3.75455	0.041
	JARDINES DE PAUTE	DON BOSCO	14.00000 *	3.5568	0.012
	JARDINES DE PAUTE	CENTENARIO	15.80952 *	3.75455	0.005
	JARDINES DE PAUTE	PEÑAS	27.35952 *	3.75455	0

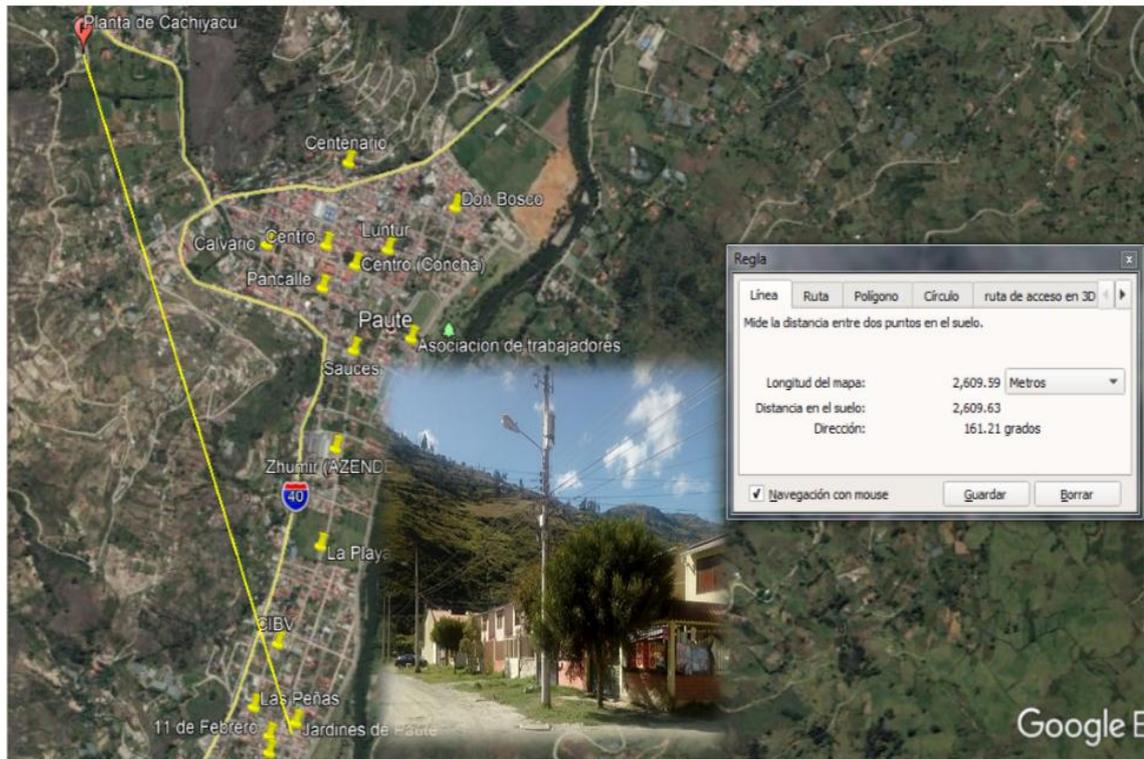
Anexo 6. Foto del mapa la zona urbana del cantón Paute



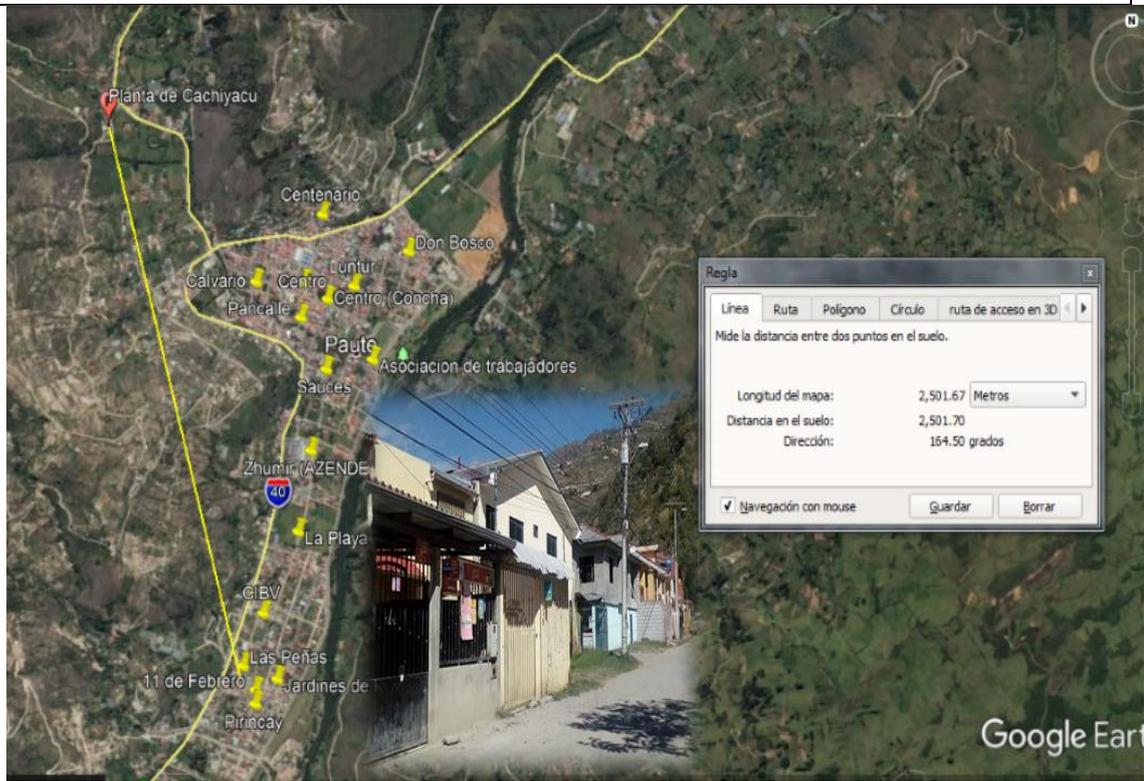
Anexo 7. Fotos de cada barrio con su respectiva distancia a la planta



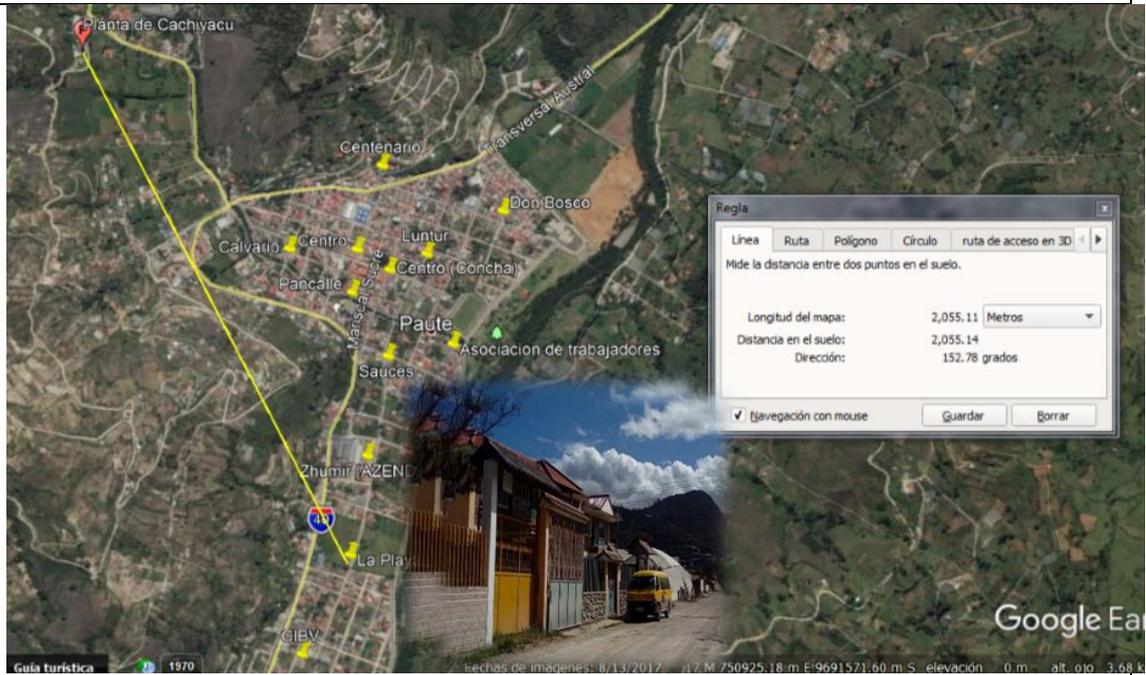
Jardines de Paute



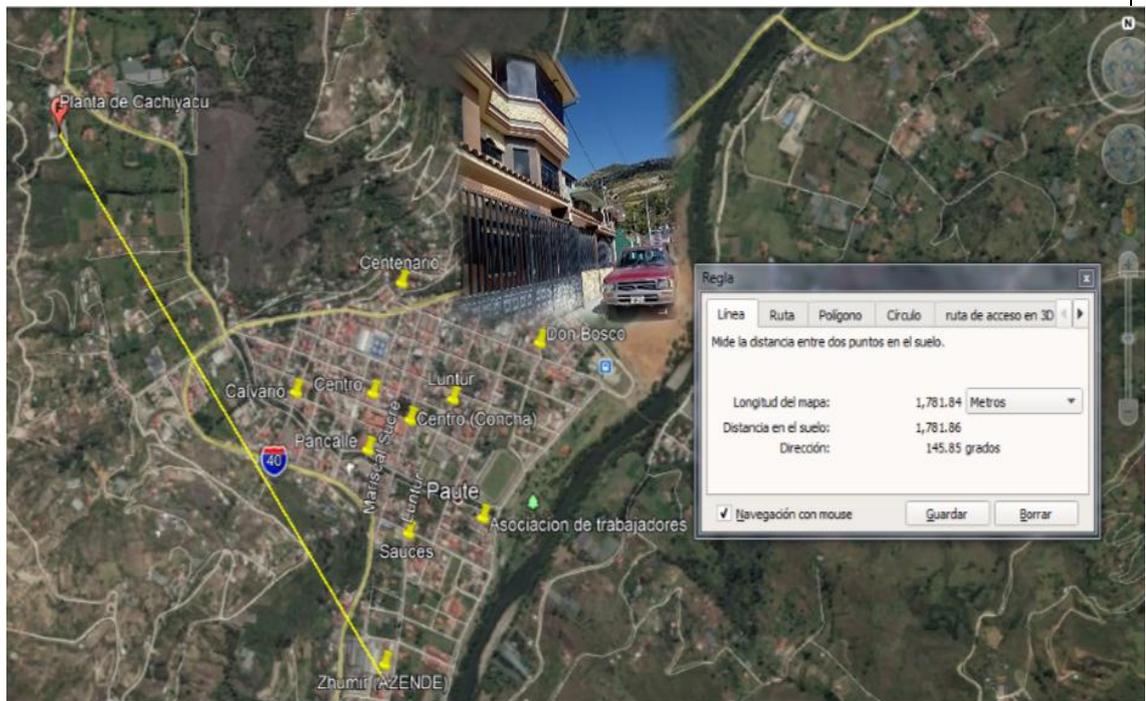
Peñas



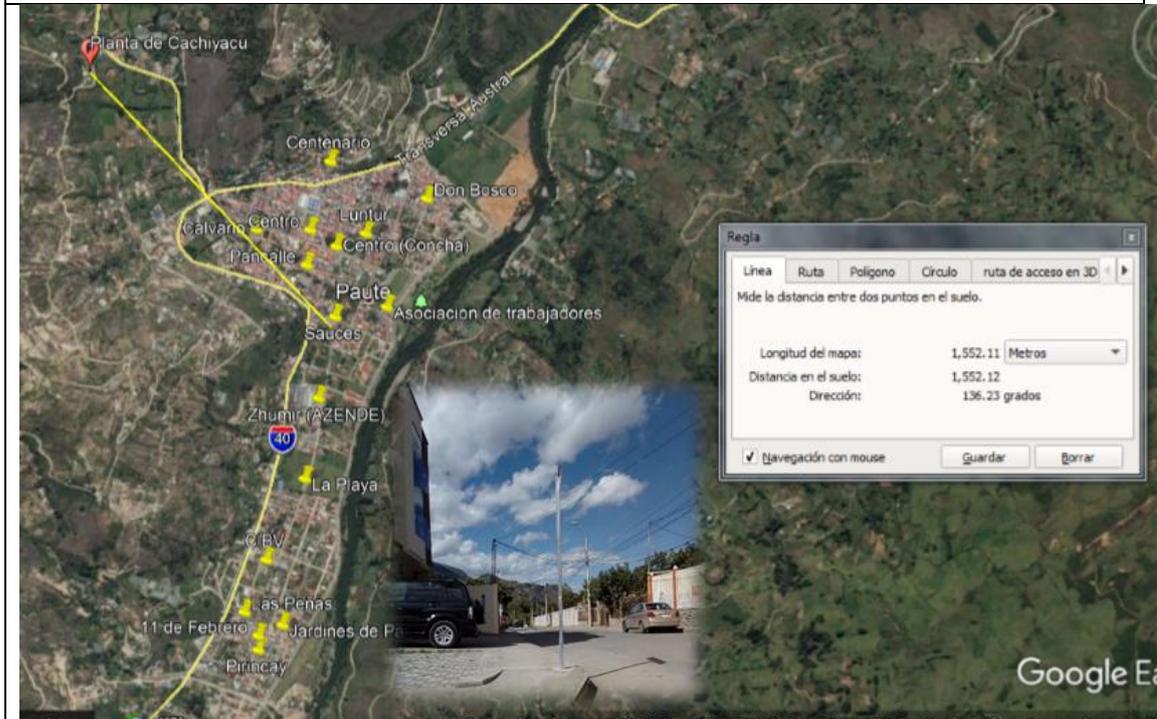
La Playa



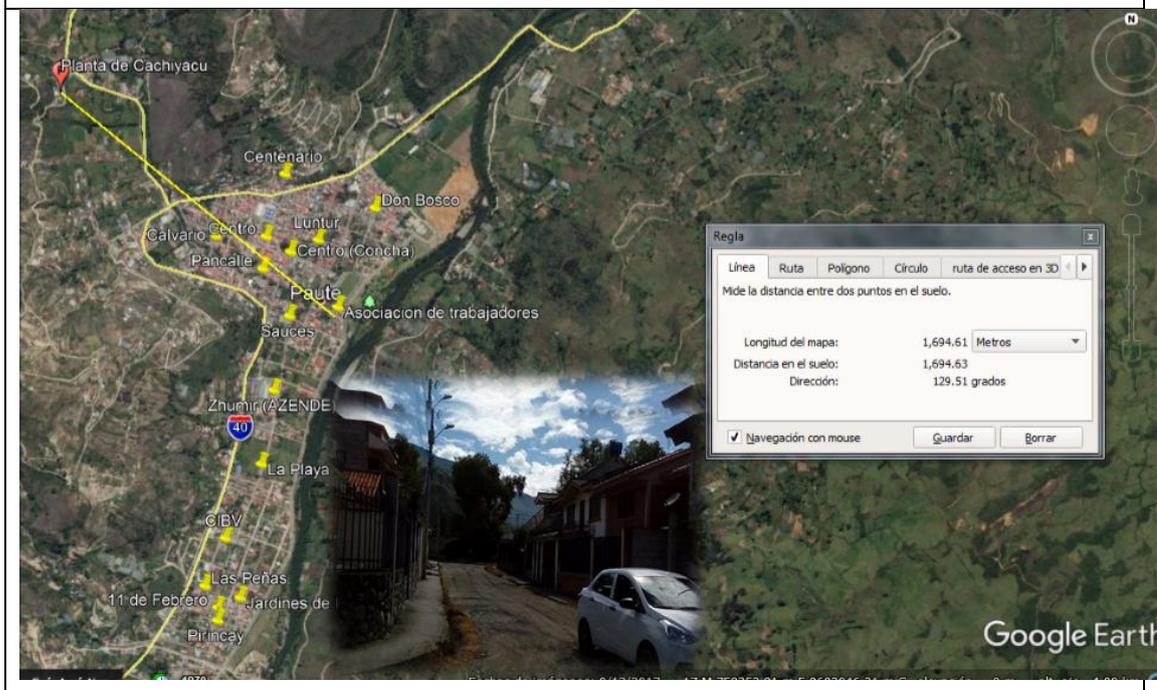
Zhumir (Asenza)



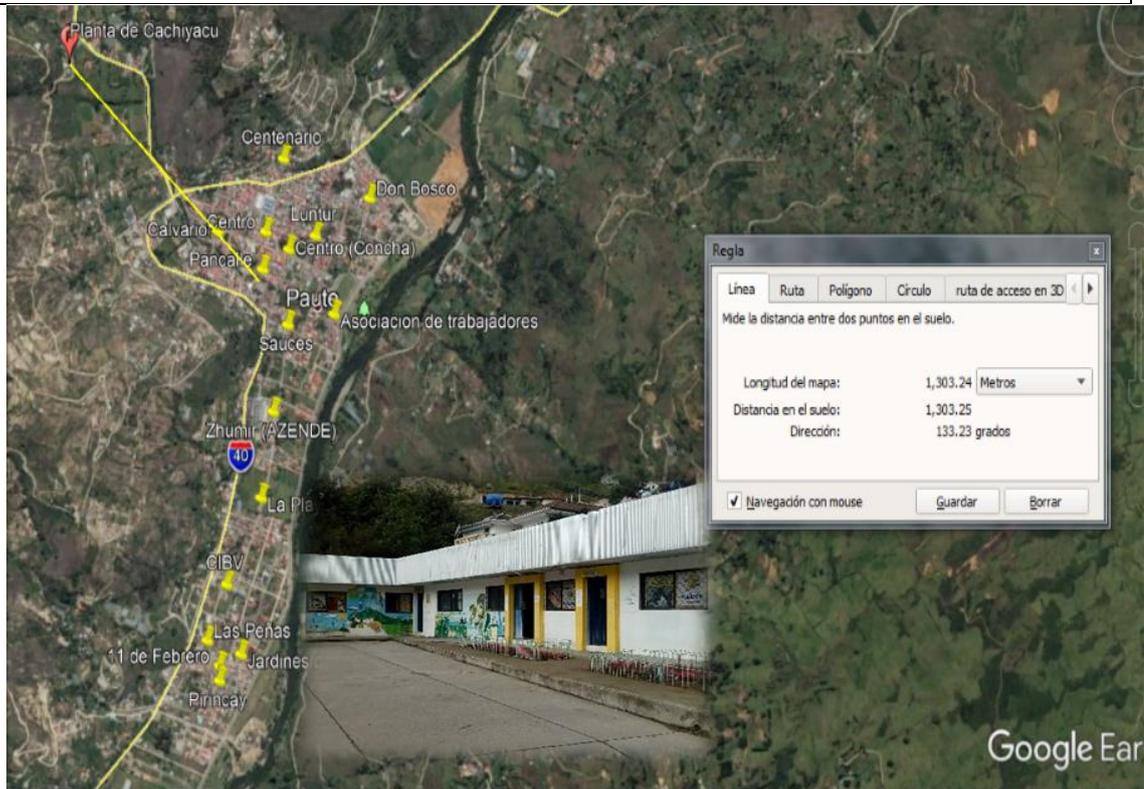
Sauces



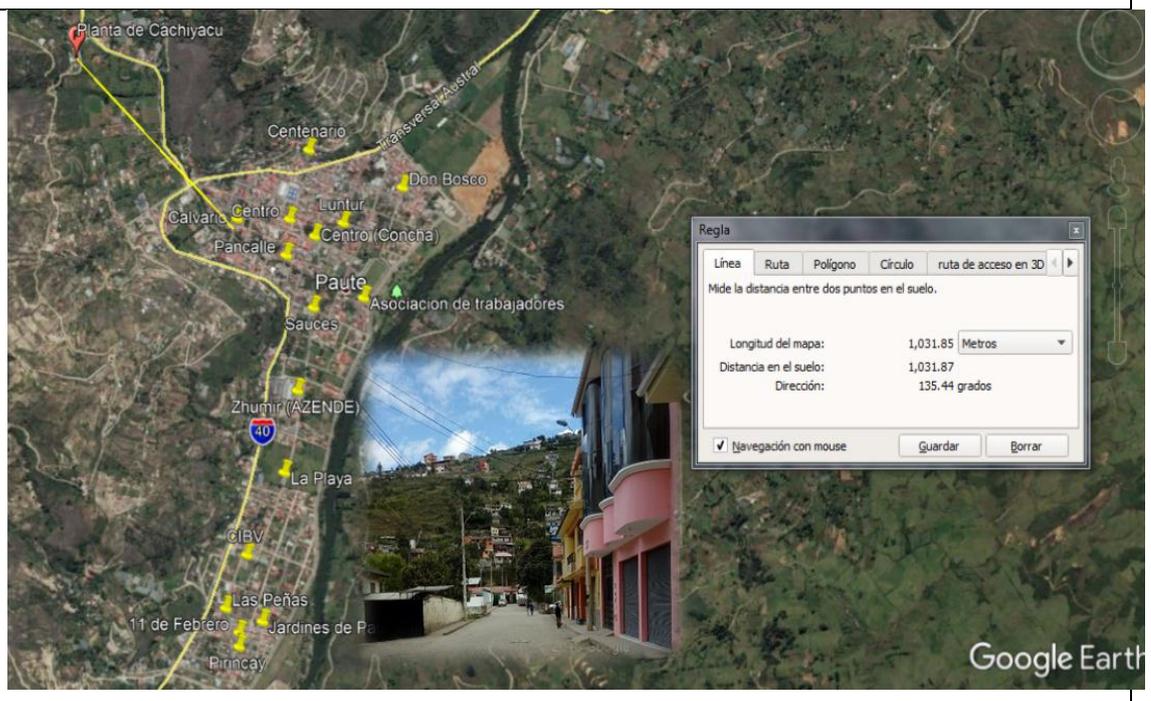
Asociación de Trabajadores

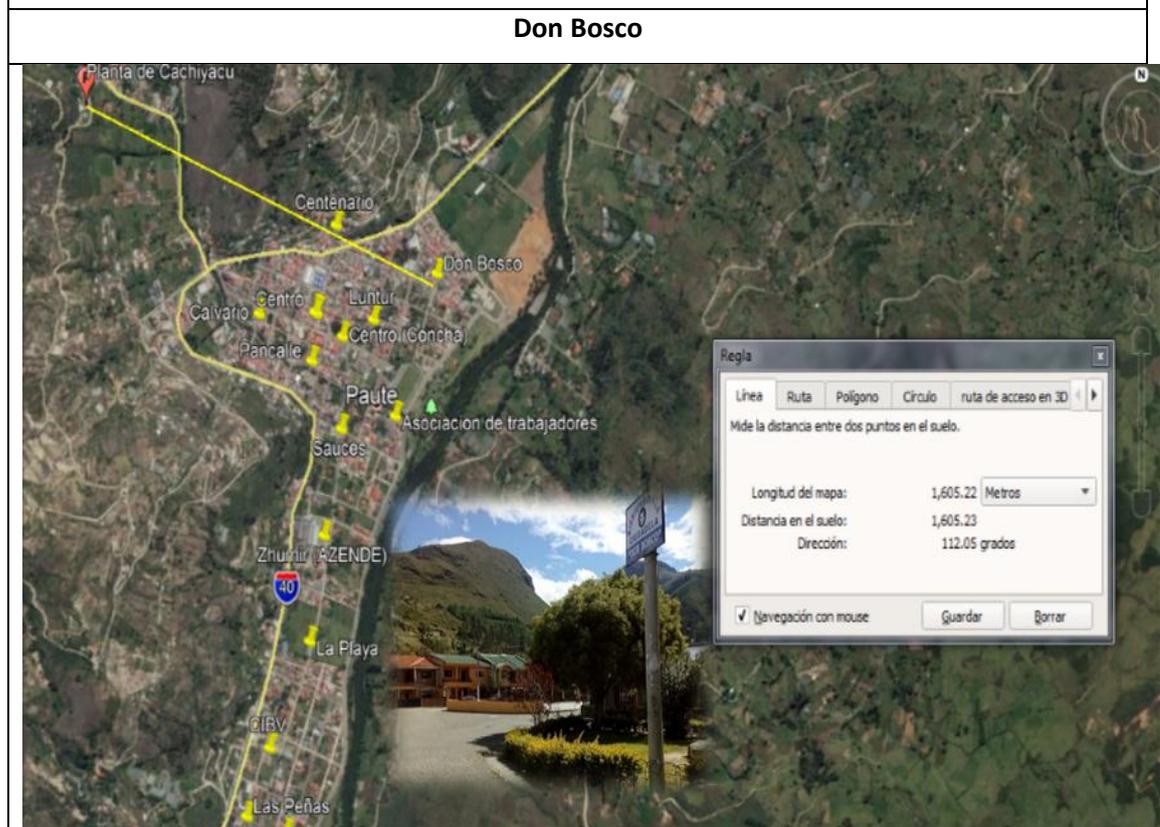


Pancalle



Calvario

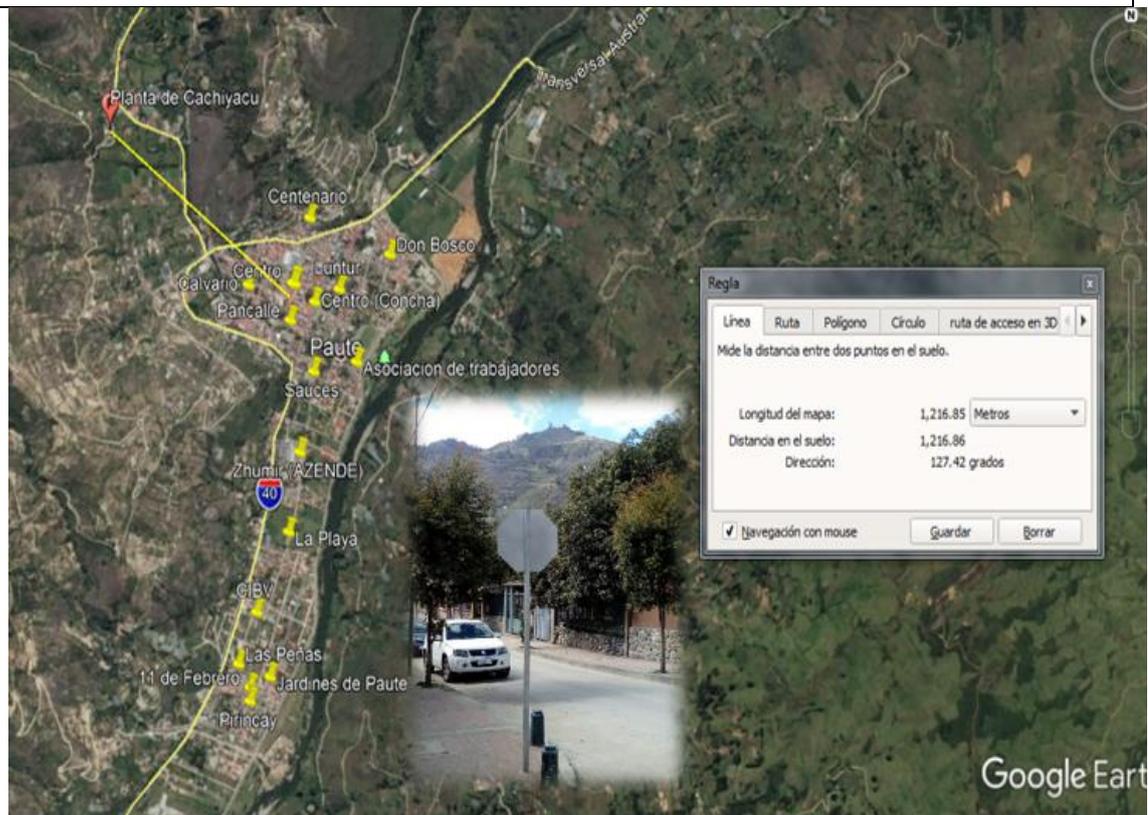




Centenario



Luntur



Anexo 8. Funcionamiento del equipo colorímetro portátil HACH modelo DR-800

Determinación Hierro

 <p>1) En el equipo (Anexo I) Presione PRGM 7 y en la pantalla aparecerá: PRGM?</p>	 <p>2) Presione 33 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: Fe mg/l y el icono CERO</p>
 <p>3) Llene los tubos con 10ml de muestra.</p>	 <p>4) Añadir el contenido del reactivo en polvo FerroVer. Tapar y agitar para disolver. Se forma un color naranja si el hierro esta presente.</p>
 <p>5) Preione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 3 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.</p>	 <p>6) Despues de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.</p>
 <p>7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>	 <p>8) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>
 <p>9) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0.00 mg/L Fe.</p>	 <p>10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>
 <p>11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>	 <p>12) Presione READ y se obtendra el resultado en mg/L de Hierro en la pantalla.</p>

Determinación Nitratos

 <p>1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?</p>	 <p>2) Presione 51 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: NO3 mg/l y el icono CERO</p>
 <p>3) Llene los tubos con 10ml de muestra.</p>	 <p>4) Añadir el contenido del reactivo en polvo NitraVer5. Tapar y agitar para disolver.</p>
 <p>5) Preione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 1 minuto y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.</p>	 <p>6) Después de que el temporizador suena, la pantalla mostrará un segundo tiempo de 5 minutos, se presiona ENTER.</p>
 <p>7) Despues de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.</p>	 <p>8) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>
 <p>9) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>	 <p>10) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0.0mg/L NO3.</p>
 <p>11) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>	 <p>12) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>
 <p>13) Presione READ y se obtendra el resultado en mg/L de Nitratos en la pantalla.</p>	

Determinación Nitritos

 1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?	 2) Presione 60 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: NO ₂ mg/l y el icono CERO
 3) Llene los tubos con 10ml de muestra.	 4) Añadir el contenido del reactivo en polvo NitrVer3. Tapar y agitar para disolver.
 5) Presione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 15 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.	 6) Después de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.
 7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.	 8) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
 9) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0.000mg/L NO ₂ .	 10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
 11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.	 12) Presione READ y se obtendrá el resultado en mg/L de Nitritos en la pantalla.

Determinación sulfatos

 1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?	 2) Presione 91 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: SO ₄ mg/l y el icono CERO
 3) Llene uno de los tubos con 10ml de muestra.	 4) Añadir el contenido del reactivo en polvo Sulfa Ver 4. Tapar y agitar para disolver.
 5) Presione TIMER aparecerá en la pantalla un tiempo de reacción de 5 minutos y luego ENTER y comienza a correr el tiempo.	 6) Después de que el temporizador haya finalizado, llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.
 7) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.	 8) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo. y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.
 9) Presione ZERO para encerrar el equipo. Se observará en la pantalla 0 mg/L SO ₄ .	 10) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.
 11) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo. y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.	 12) Presione READ y se obtendrá el resultado en mg/L de sulfato en la pantalla.

Determinación Cloro libre residual

 <p>1) En el equipo Presione PRGM 7 (Anexo I) y en la pantalla aparecerá: PRGM?</p>	 <p>2) Presione 9 y luego ENTER. En la pantalla aparecerá: Cl2mg/l y el icono CERO</p>
 <p>3) Llene los tubos con 10ml de muestra.</p>	 <p>4) Añadir el contenido del reactivo en polvo DPD para cloro libre. Tapar y agitar para disolver. Se forma un color rosa si esta presente.</p>
 <p>5) Llene otro de los tubos con 10ml de muestra que será el blanco.</p>	 <p>6) Limpie el exterior del tubo del blanco con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>
 <p>7) Coloque el tubo con el blanco en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>	 <p>8) Presione ZERO para encerar el equipo.</p>
 <p>9) Limpie el exterior del tubo de muestra con una franela para eliminar las huellas digitales y otras marcas.</p>	 <p>10) Coloque el tubo con la muestra en el interior de la celda del equipo y ubique la cubierta con la tapa del instrumento.</p>
 <p>11) Presione READ y se obtendra el resultado en mg/L de Cloro en la pantalla.</p>	

Anexo 9. Toma de muestra del agua potable en red de distribución



Anexo 10. Fotos captación y planta potabilizadora Cachiyacu

1. Captación Chorro Blanco



2. Desbaste 1



3. Llegada del agua a la planta



4. Planta de Cachiyacu



5. Tanque de almacenamiento



6. Laboratorio de la planta



**7. Establecimiento educativo
Ciudad de Paute.**



8. Guardería CIBV



**9. Área de salud del Municipio de
Paute**



**10. Establecimiento educativo
11 de Febrero**



Anexo 11. Exposición Natural y Cultural del Día del Agua





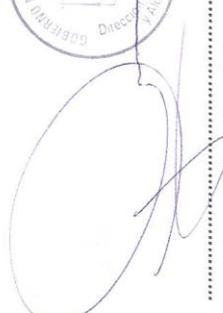
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PAUTE

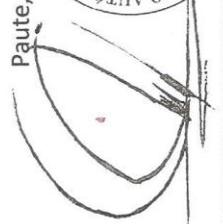
CONFIERE EL CERTIFICADO A:

TAPIA ORDOÑEZ VERÓNICA NATALY

POR SU GESTIÓN DESTACADA EN LA I FERIA DE EXPOSICIÓN NATURAL Y CULTURAL DEL DÍA DEL AGUA, EN CALIDAD DE ORGANIZADOR.

Realizado en el cantón Paute – Ecuador, el día 23 del mes de marzo del 2018, con una duración de 8 horas.


.....
Ing. Sebastián Chávez
DIRECTOR DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO AMBIENTAL


.....
Dr. Helioth Trelles Méndez
ALCALDE DEL GAD CANTÓN PAUTE

Paute, 23 de marzo del 2018.





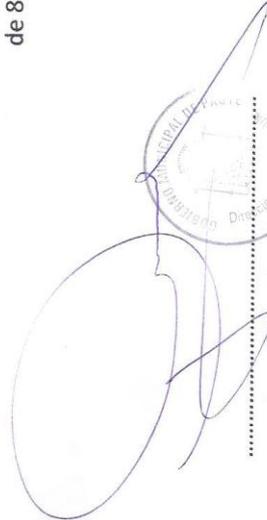
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN PAUTE

CONFIERE EL CERTIFICADO A:

VÉLEZ PLAZA KARINA ALEXANDRA

POR SU GESTIÓN DESTACADA EN LA I FERIA DE EXPOSICIÓN NATURAL Y CULTURAL DEL DÍA DEL AGUA, EN CALIDAD DE ORGANIZADOR.

Realizado en el cantón Paute – Ecuador, el día 23 del mes de marzo del 2018, con una duración de 8 horas.



Ing. Sebastián Chávez
**DIRECTOR DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO
Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**



Paute, 23 de marzo del 2018.



Dr. Helioth Treilles Méndez
ALCALDE DEL GAD CANTÓN PAUTE

