

**CONTROL DE CALIDAD BACTERIOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO DEL AGUA
SUMINISTRADA POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

MAYRA ALEJANDRA ARAQUE SUÁREZ

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA
PAMPLONA
2021**

**CONTROL DE CALIDAD BACTERIOLÓGICO Y FISICOQUIMICO DEL AGUA
SUMINISTRADA POR LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

MAYRA ALEJANDRA ARAQUE SUÁREZ
Trabajo de grado para obtener el título de
Microbióloga

Jefe Empresarial
ING LIZETH AMPARO LÓPEZ

Tutor Académico
LILIANA ROJAS CONTRERAS. PhD

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE MICROBIOLOGÍA
PAMPLONA
2021**

NOTA DE ACEPTACIÓN:

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pamplona, 2021

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	7
INTRODUCCIÓN.....	11
1. OBJETIVOS.....	12
1.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. MARCO REFERENCIAL	14
3.1 MARCO TEÓRICO	14
3.1.2 Estado del arte.....	14
3.1.3 El agua	15
3.1.4 Ciclo hidrológico del agua	16
3.1.5 Microbiología del agua.....	16
3.1.6 Organismos responsables de la gestión del recurso hídrico en Colombia ...	18
3.1.7 Proceso de tratamiento del agua	19
3.2 MARCO HISTÓRICO.....	20
3.2.1Historia del tratamiento del agua.....	20
3.2.2 Reseña histórica de EMPOPAMPLONA	22
3.3 MARCO JURIDICO.....	23
4. METODOLOGÍA	25
4.1 TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE	25
4.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	25
4.3 UBICACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS	26
4.4 TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS	28
4.5 TOMA DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS	28
4.6 TOMA DE MUESTRAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN	29
4.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	29
4.8 PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO.....	29
4.8.1 Chromocult Agar.....	29
4.8.2 Plate Count Agar	30

4.9 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, <i>E. coli</i> Y AEROBIOS MESÓFILOS.....	30
4.10 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS.....	31
4.10.1 DETERMINACIÓN DE COLOR	31
4.10.2 DETERMINACIÓN DE CLORO	31
4.10.3 DETERMINACIÓN DE pH	31
4.10.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD	32
4.10.5 DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ	32
4.10.6 DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD.....	33
4.10.7 DETERMINACIÓN DE DUREZA	33
4.10.8 DETERMINACIÓN DE CLORUROS.....	33
4.10.9 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE IRCA.....	34
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA POTABLE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	37
6.2 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA POTABLE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	40
6.2.1 DETERMINACIÓN DE COLOR	40
6.2.2 DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD	41
6.2.3 DETERMINACIÓN DE pH	42
6.2.4 DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL.....	43
6.2.5 DETERMINACIÓN ALCALINIDAD.....	45
6.2.6 DETERMINACIÓN DE DUREZA	45
6.2.7 DETERMINACIÓN DE CLORUROS.....	46
6.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA).....	47
6.4 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS CLAVE EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN	48
6.5 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LOS PUNTOS CLAVE DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN	51
7. CONCLUSIONES	57
8. RECOMENDACIONES	58

9. GLOSARIO	59
10. BIBLIOGRAFÍA.....	61
11. ANEXOS.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los puntos de muestreo de la red de distribución.....	25
Tabla 2. Promedio de resultados de cada parámetro fisicoquímico evaluado de todas las muestras analizadas en el laboratorio de control de calidad de la planta Cariongo.....	34
Tabla 3. Resultados microbiológicos (coliformes fecales y totales) de las etapas del proceso de tratamiento procesadas durante siete semanas.....	45
Tabla 4. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 1.....	51
Tabla 5. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 2.....	52
Tabla 6. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 3.....	52
Tabla 7. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 4.....	52
Tabla 8. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 5.....	53
Tabla 9. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 6.....	53
Tabla 10. Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en la semana 7.....	54
Tabla 11. Resultados microbiológicos, fisicoquímicos y %IRCA mes de agosto...	72
Tabla 12. Resultados microbiológicos, fisicoquímicos y %IRCA mes de septiembre.....	76
Tabla 13. Resultados microbiológicos, fisicoquímicos y %IRCA mes de octubre.....	81
Tabla 14. Resultados microbiológicos, fisicoquímicos y %IRCA mes de noviembre.....	85

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa del municipio de Pamplona, Norte de Santander, Colombia.....	26
Imagen 2. Puntos de muestreo de la red de distribución dispuestos en el municipio de Pamplona.....	49
Imagen 3. Cajas de Petri sin crecimiento microbiano en agar Chromocult de cuatro puntos de la red de distribución.....	66
Imagen 4. Cajas de Petri con crecimiento microbiano (Colonias violetas - coliformes totales y colonias azules – <i>E. coli</i>) en agar Chromocult de las etapas clave del proceso de tratamiento.....	70
Imagen 5. Fotografías de los lugares de muestreo de las etapas del proceso de tratamiento.....	71

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Representación gráfica del comportamiento promedio del color en Unidades de Platino Cobalto (UPC) por mes.....	41
Gráfica 2. Representación gráfica del comportamiento promedio de la Turbidez en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) por mes.....	42
Gráfica 3. Representación gráfica del comportamiento promedio del pH por mes.....	43
Gráfica 4. Representación gráfica del comportamiento promedio del cloro residual en unidades de mg/L Cl ₂ por mes.....	45
Gráfica 5. Porcentaje del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (% IRCA) de los meses analizados.....	48
Gráfica 6. Comportamiento del color en unidades UPC en las tres de las etapas del proceso de tratamiento, por semana.....	55
Gráfica 7. Comportamiento de turbidez en unidades UNT en las tres de las etapas del proceso de tratamiento, por semana.....	56

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Determinación de cloruros.

ANEXO B.1 Determinación del % IRCA

ANEXO B.2 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual

ANEXO C. Registros fotográficos

ANEXO D. Resultados totales microbiológicos y fisicoquímicos

INTRODUCCIÓN

El agua es muy importante para la vida, ya que cumple diferentes funciones esenciales en el metabolismo, el transporte de sustrato a través de las membranas, la homeostasis celular, cumple la función de regular la temperatura, en otras palabras, las personas dependemos y necesitamos del agua para la salud y sustento (Armstrong, 2018).

El consumo de agua debe ser potable, es decir que tenga un proceso previo de saneamiento, que cumpla las características físicas, químicas y microbiológicas expuestas en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Salud. Para que ésta sea considerada apta para el consumo humano (Betancurt & Ramírez , 2007). Todas estas características se deben cumplir con el fin de evitar un problema de salud pública debido a enfermedades asociadas con el consumo de agua, ya que está expuesta a contaminación significativa como excrementos humanos y animales (OMS, 2017).

La empresa encargada del tratamiento y potabilización del agua en el municipio de Pamplona es Empopamplona S.A.E.S.P, ésta es una empresa de servicios públicos, de economía mixta, dedicada a la producción y comercialización de agua potable, que presta además los servicios de alcantarillado y aseo (Empopamplona, 2021).

El presente trabajo busca hacer un seguimiento de la calidad del agua que se suministra en el municipio de Pamplona por parte de la empresa encargada de la potabilización con el fin de establecer un análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras recolectadas en diferentes puntos del municipio; además hacer un seguimiento del agua en los diferentes pasos durante el proceso de saneamiento.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer el control de calidad bacteriológico y fisicoquímico del agua suministrada por la planta de tratamiento de agua potable del Municipio del municipio de Pamplona, Norte de Santander.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar bacteriológicamente las muestras de agua que se procesan en el laboratorio de calidad del agua provenientes de los diferentes puntos de muestreo del Municipio.
- Interpretar los resultados de los análisis fisicoquímicos obtenidos de las muestras de agua que se procesan en el laboratorio de calidad del agua.
- Calcular el porcentaje de Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRCA) para establecer la clasificación del nivel de riesgo al cual pertenece el agua destinada al consumo de la población.
- Comparar las etapas de procesamiento de agua de la planta de tratamiento con análisis bacteriológicos y fisicoquímicos.

2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de toda población de tener un óptimo recurso hídrico para el consumo, hace que se implemente un saneamiento con un enfoque preventivo basado en riesgos para la gestión de la calidad del agua; ya que contribuir a que el agua sea de calidad ayuda notoriamente a evitar diferentes enfermedades debidas a microorganismos y productos químicos transmitidos por el agua, como parte de la política general de agua y salud (OMS, 2017).

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua que es de consumo y para la producción de alimentos, constituyen una importante carga para la salud humana como enfermedades intestinales, cólera, disentería, fiebre tifoidea y la poliomielitis; es por esto que las intervenciones para mejorar la calidad del agua proporcionan beneficios significativos para la salud (WHO, 2019).

Empopamplona S.A E.S. P es la empresa responsable del tratamiento de agua potable y su respectiva distribución al municipio de Pamplona; esta entidad pública trabaja bajo los lineamientos establecidos en el Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de Protección Social que tiene por objeto, la protección y control de la calidad del agua. Con respecto a esto es de gran utilidad hacer un seguimiento de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua que se distribuye en los hogares del municipio; además supervisar las diferentes etapas que se llevan a cabo en la planta de tratamiento para llevar un control de calidad del proceso.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.2 Estado del arte

El planeta tierra es un planeta de agua, ya que está compuesto en un 71% por este líquido; pero solo el 3% de toda esa agua es agua dulce, es decir, el agua que se puede aprovechar o utilizar para el consumo, y únicamente el 0.06% está disponible sin problemas, dicho de otro modo, sólo a este pequeño porcentaje de agua dulce podemos acceder con facilidad por medio de ríos y lagos superficiales (Ahuja, 2021).

El agua dulce es un recurso único y necesario, que durante el último siglo cada 21 años su consumo se ha duplicado debido al masivo crecimiento demográfico, granjas, ciudades, además del exceso consumismo por parte de las industrias de los países desarrollados. Es por esto que el 0.06 % de agua dulce de la que disponemos se ve afecta por la sobreexplotación y por los vertidos de residuos contaminantes que disminuye su calidad (Gonzales, 2010).

El agua de calidad no es solamente indispensable para que los seres vivos en todo el planeta puedan beber y satisfacer su sed, también es importante e imprescindible para asegurar la producción mundial de alimentos; es así que el agua potable y de calidad definitivamente es una necesidad para la supervivencia y para el desarrollo de una vida digna. La salud humana está estrechamente relacionada con condiciones relacionadas con el agua, su potabilidad y su saneamiento adecuado ayuda a reducir la carga de enfermedades relacionadas con el consumo de agua; además evita que muchas comunidades se vean diezmadas por las enfermedades diarreicas que disminuye drásticamente el bienestar social y económico (Gonzales, 2010).

Según informe de evento de enfermedad diarreica aguda (EDA) de 2019, en Colombia se presentaron 3.427.898 casos, la población menor de un (1) año comprende la mayor proporción de incidencia de morbilidad por EDA (Ministerio de Salud y Protección Social; Instituto Nacional de Salud, 2020); para el año 2015 se presentó una tasa de mortalidad de 29.6 casos por 1'000.000 habitantes es decir 128 casos de muerte; mientras que la Morbilidad EDA de la población general para ese mismo año que fueron notificadas por todas las Entidades territoriales fue de; casos mórbidos 3'052.729 (8,2 % más que 2014), con una tasa de incidencia: 63,3 casos por 1,000 habitantes; es así que en aras de proteger la salud pública se debe monitorear la calidad e inocuidad del agua para consumo dietario en todo el territorio Colombiano (Nava Gerardo; Guzman Blanca, 2016).

3.1.3 El agua

El agua definida químicamente es una molécula simple que está compuesta solo por tres átomos, dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, pero con unas propiedades únicas que la convierten sin duda en la molécula más importante de la vida; esta gran importancia que tiene dicha molécula viene básicamente de la disposición de los átomos en la molécula y los enlaces involucrados. El agua es el mejor disolvente para muchos compuestos iónicos y también para otras sustancias capaces de formar enlaces de hidrógeno con el agua (Shmeis, 2018).

Biológicamente en los seres humanos, el agua representa el 70% del peso corporal, un 50% se halla en las células y otro 15% fluye entre ellas y el 5% restante se encuentra en la sangre; por tanto “el agua es uno de los núcleos vivaces más importantes de todos los seres vivos sin el cual no se podría esperar la vida” (Gonzales, 2010).

La importancia del agua potable para usos humanos se conoce desde hace algunos años, ya que se han desarrollado estándares de calidad de agua para el agua potable y diferentes regulaciones para proteger los recursos hídricos en general de la

contaminación y el agotamiento; la evaluación de dicha calidad del agua se basa en el seguimiento de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua y su comparación con los estándares u objetivos reglamentarios (Loáicigab, 2021).

3.1.4 Ciclo hidrológico del agua

Es importante reconocer el movimiento cíclico que tiene el agua a través del medio ambiente; este proceso es denominado ciclo hidrológico y funciona gracias a la energía solar. Empieza cuando el agua de la superficie del océano se evapora y se mueve hacia arriba hacia la atmósfera y forma nubes sobre el océano, las plantas succionan agua del suelo y está también se evapora a la atmósfera a partir de las hojas y los tallos en el proceso conocido como transpiración; a medida que el aire caliente sube a la atmósfera la temperatura baja haciendo que el aire cargado de humedad se condense, formando nubes que generan lluvia, nieve o granizo. La lluvia en ocasiones entra en la tierra hasta llegar a los depósitos de agua subterránea, otra parte de agua se deposita en lagos profundos y es absorbida por plantas y animales, o ingresa nuevamente a la atmósfera a través de la evaporación. La infiltración es cuando el agua permea por debajo del suelo y por último toda el agua regresa al océano, almacenándose allí hasta que llega a la tierra como resultado de la evaporación y la precipitación y así el ciclo continúa (Shmeis, 2018).

3.1.5 Microbiología del agua

Los agentes microbiológicos patógenos que pueden estar presentes en el agua destinada al consumo humano son fundamentalmente bacterias, virus o protozoos, la mayoría de ellos derivados de desechos humanos o animales (Shmeis, 2018).

Al hablar de microbiología del agua siempre se destacan las enfermedades a los que los seres humanos estamos expuestos por ser enfermedades microbianas transmitidas por el agua como el cólera y la fiebre tifoidea y que se requieren un tratamiento adecuado y otras medidas para prevenir brotes de tales enfermedades que pueden ser causadas por presencia de bacterias patógenas y otros organismos,

como protozoos y virus (Brandt, 2017). La presencia de microorganismos patógenos en el agua del grifo está relacionada con la falta de protección del recurso, con la falta de tratamiento del agua o con la antigüedad del sistema de agua potable en las diferentes poblaciones (Shmeis, 2018).

Específicamente entre los microorganismos que se pueden encontrar en el agua sin tratar es *Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria muy común que se encuentra en los intestinos de las personas, animales y en el medioambiente (CDC U.S. Department of Health and Human Services, 2021). El agua que es captada en la planta de tratamiento por lo general está contaminada con dicho microorganismo por contacto con la materia fecal a causa de la escorrentía de los potreros y fincas aledañas al caudal de agua.

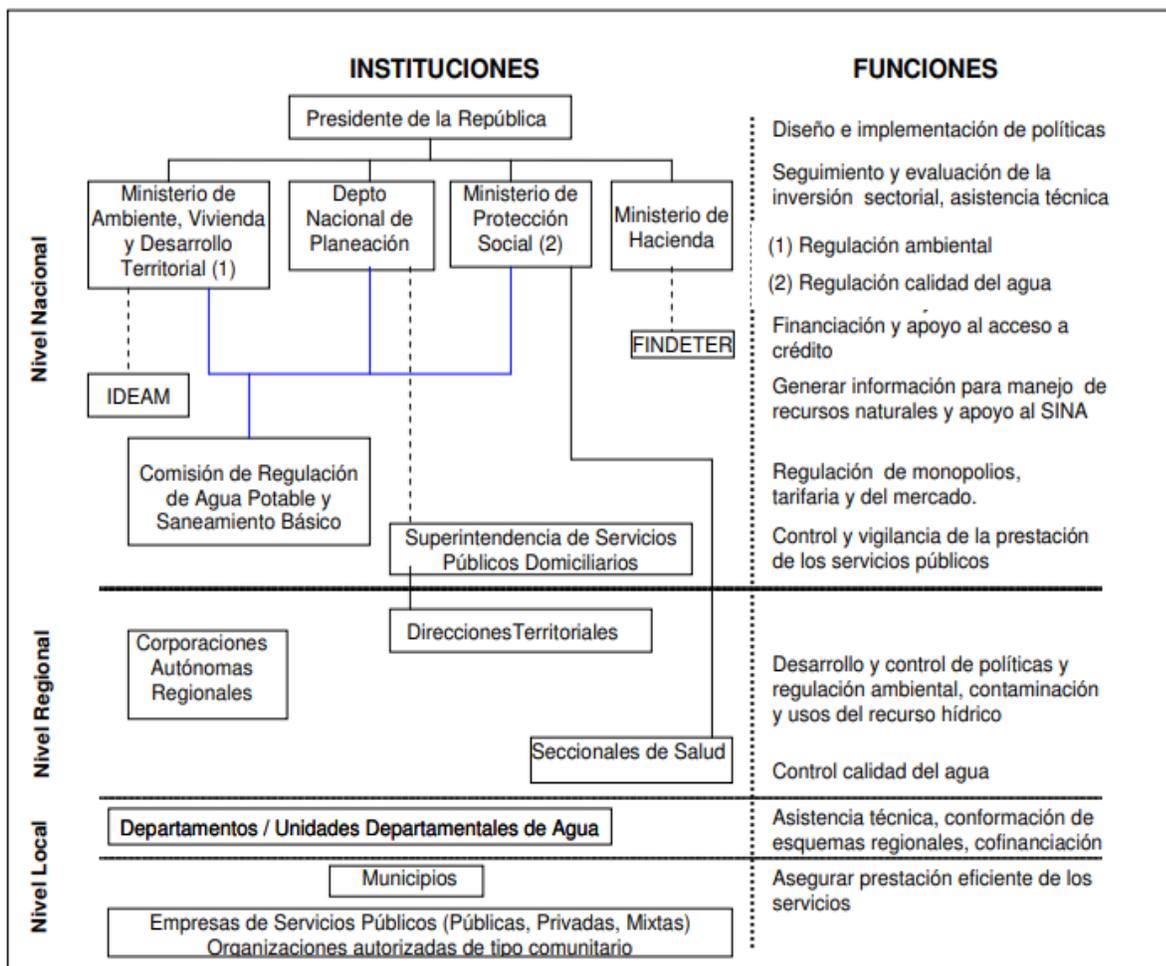
La mayoría de los tipos de *E. coli* son inofensivos. Aunque, algunas personas tienen más probabilidades de contraer una infección por el consumo de agua contaminada con esta bacteria como lo son los adultos mayores de 65 años, niños menores de 5 años y personas inmunosuprimidas pueden enfrentarse a enfermedades que a veces son graves, como diarrea, infecciones urinarias, enfermedades respiratorias e infecciones del torrente sanguíneo. Los patotipos de *E. coli* que pueden causar enfermedades diarreicas son: *Escherichia coli* O157:H7, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteropatógena, *E. coli* enteroagregativa, *E. coli* enteroinvasivo (CDC U.S. Department of Health and Human Services, 2021). Este microorganismo genera una alerta a cualquier sistema de suministro de agua ya que su presencia por si sola puede generar gastroenteritis y causar la muerte como el caso de la cepa *E. coli* O157:H7 o puede sugerir la presencia de otros microorganismos altamente patógenos como *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Klebsiella* sp., *Listeria* sp. (Navarro, 2017). Otra de las bacterias que se pueden encontrar en el agua es *Staphylococcus aureus*; esta puede ser liberada a medios acuáticos como aguas de consumo, piscinas, balnearios y otras recreativas. Los estafilococos son ligeramente más resistentes que *E. coli* a las concentraciones de cloro residuales; sin embargo, su presencia en el agua se controla con un adecuado proceso de desinfección (WHO

2011). *Campylobacter jejuni* es un patógeno se encuentra en diversos ambientes, los animales silvestres y domésticos son reservorios importantes, en especial las aves de corral, las aves silvestres y el ganado (Acha y Szyfres, 2003). Se ha comprobado que las aguas de consumo contaminadas son una fuente significativa de brotes de campilobacteriosis (WHO 2011).

Las enfermedades comunes relacionadas con el agua y provocadas por parásitos en todo el mundo incluyen esquistosomiasis (causada por *Schistosoma mansoni*), amebiasis (causada por *Entamoeba histolytica*), criptosporidiosis (causada por *Cryptosporidium*) y giardiasis (Causada por *Giardia*). Las personas se infectan y desarrollan estas enfermedades al ingerir o entrar en contacto con agua contaminada por ciertos parásitos y entre los virus se encuentran astrovirus, calicivirus, adenovirus entéricos, norovirus, rotavirus grupos A, B, C y otros que se pueden encontrar en las aguas superficiales que son utilizadas para consumo (Global Health, Division of Parasitic Diseases and Malaria, 2016).

3.1.6 Organismos responsables de la gestión del recurso hídrico en Colombia

En el Esquema 1 resume la estructura institucional del gobierno nacional separando los roles de cada organismo encargado de asegurar la prestación eficiente de los servicios, entre funciones de vigilancia, inspección y control de las empresas prestadoras de acueducto.



Esquema 1: Esquema general de los organismos responsables de la gestión del recurso hídrico. Fuente: CONPES 3383 de 2005, Plan del sector de acueducto y alcantarillado.

3.1.7 Proceso de tratamiento del agua

El sistema de suministro de agua para consumo humano es un conjunto de estructuras, materiales, procesos y operaciones donde el agua es utilizada para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución para su posterior uso y/o consumo (Subdirección Red Nacional de Laboratorios., 2011).

Una planta de tratamiento convencional está diseñada para eliminar olores, color y turbidez, así como bacterias y otros contaminantes. La planta de tratamiento emplea los siguientes pasos:

Mezcla rápida: donde se agregan productos químicos y se dispersan rápidamente a través del agua.

Floculación: se agregan al agua productos químicos para neutralizar las partículas eléctricamente y para hacer que se acerquen entre sí y formen partículas grandes llamadas flóculos que podrían sedimentarse más fácilmente.

Sedimentación: Durante la sedimentación, el flóculo se deposita en el fondo del suministro de agua, debido a su peso.

Filtración: Una vez que el flóculo se ha asentado en el fondo del suministro de agua, el agua clara en la parte superior pasará a través de filtros de diferentes composiciones (arena, grava y carbón) y tamaños de poro para eliminar las partículas finas que no se asentaron, tales como polvo, parásitos, bacterias, virus y productos químicos.

Desinfección: implica la adición de productos químicos para matar o reducir la cantidad de organismos patógenos (Shmeis, 2018).

3.2 MARCO HISTÓRICO

3.2.1 Historia del tratamiento del agua

La existencia y la prosperidad de la humanidad dependen del acceso al agua potable, y disponer de este líquido ha sido la clave de cualquier civilización sostenible. Se han encontrado escritos del Antiguo Egipto que datan del 1500 a.C. presentan gran evidencia de la preocupación de esa civilización por el agua pura, los mecanismos y aparatos necesarios para purificarla. El agua era reconocida

como impura si era turbia, y se desarrollaron varios sistemas para eliminar las sustancias que producían esta condición; algunas técnicas como la mecha y la filtración a través de arena y grava fina, bolsas de tela y arcilla porosa. Aunque ya específicamente se reconocieron los peligros de tener suministros impuros durante los siglos XVIII y XIX, cuando el cólera y la fiebre tifoidea afectaron en gran número a la humanidad, relacionándolo por primera vez el científico Snow en Inglaterra (Troller, 1993).

En el siglo XVIII se estableció la remoción de partículas del agua por filtrado como medio efectivo de clarificación del agua. La práctica general de clarificar el agua se conoce desde ese tiempo, pero el grado de clarificación no era medible para esa época. La primera planta municipal de filtración del agua inició su funcionamiento en 1832 en Paisley, Escocia. En cuanto a registros históricos que indicaran las normas de calidad de agua no se encontraban hasta mediados del siglo XIX. Características como la salud y el aspecto son los principales motivos para realizar tratamiento del agua. Una variedad de desarrollo en el campo de la calidad del agua desde comienzos de los años sesenta y una creciente comprensión de los efectos sobre la salud han ayudado a crecer y avanzar en el campo del tratamiento (American Water Works Association, 2002).

Las mejoras en los métodos de purificación fueron casi en su totalidad relacionados con la filtración. Con el desarrollo de la teoría de la enfermedad por gérmenes postulado por Koch, Pasteur y otros, se desarrolló la eliminación de microorganismos en el agua, como un enfoque racional para el control; líderes científicos del Instituto de Tecnología de Massachusetts idearon varias mejoras de filtración y sedimentación que marcadamente redujo la incidencia del cólera en el área de Lawrence. Estos experimentos resultaron en la "purificación" de agua superficial relativamente clara y a mediados de 1907, varios centros de tratamiento de agua comenzaron a experimentar con adición de cloro (como hipoclorito de calcio) a sus suministros de agua, técnica aplicada hasta la fecha en todo el mundo (Troller, 1993).

3.2.2 Reseña histórica de EMPOPAMPLONA

La Empresa de Servicios Públicos de Pamplona EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., fue creada mediante escritura pública N° 4-34 de 20 de diciembre de 1963, como “Acueductos y alcantarillados de Pamplona” siendo la respuesta a una necesidad de la ciudad de tener un buen servicio de acueducto, manifestada en el paro cívico del año 1962 donde la comunidad exigió la desmembración de este servicio de ACUANORTE S.A.

El objeto de la sociedad en un principio era: “El estudio, proyecto, construcción y explotación del Acueducto y Alcantarillado de la Ciudad de Pamplona” En desarrollo de este objeto social la entidad contó con el concurso técnico y administrativo del Instituto Nacional del Fomento Municipal, por lo que las decisiones que se tomaran en esta materia para su validez deberían contar con la aprobación de este Instituto.

En el año 1977 y debido a las normas establecidas en el Decreto 2804 de 1975 que organizaba el INSFOPAL, por medio de la escritura pública N° 387 del mismo año, se transformó la sociedad en Empresa Industrial y Comercial del Estado del ámbito Municipal y cambia su razón social por la de Empresa de Obras Sanitarias de Pamplona S.A.

El 11 de julio de 1994, se expidió la ley 142 referente a los Servicios Públicos Domiciliarios y en ella se consagró darles a las empresas organización de compañías privadas. Así mismo, se estableció la elección de la Junta Directiva por parte de la Asamblea General de Accionistas y el nombramiento del Gerente en cabeza de la Junta Directiva. A través de la escritura pública N° 565 del 25 de agosto de 1995, se hizo el ajuste organizacional de la empresa a las normas de la ley precitada.

EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., es una empresa de servicios públicos, de economía mixta, dedicada a la producción y comercialización de agua potable, que presta además los servicios de alcantarillado y aseo, de acuerdo a lo dispuesto en la ley 142 y en los demás decretos y normas reglamentarias. Está enmarcada por las

políticas emitidas por el Ministerio de Desarrollo vigilada por la Superintendencia de Servicios Públicos y regulada por la Comisión de Agua Potable y saneamiento Básico (CRA), buscando la eficiencia en la prestación de los servicios.

Actualmente, la empresa EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., tiene por objeto la “prestación de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto (la cual tiene como población actual beneficiada aproximadamente de 60.000 usuarios); la empresa trabaja para garantizar la prestación de los servicios públicos básicos con los más altos niveles calidad, eficiencia, eficacia y efectividad (EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P., 2021).

3.3 MARCO JURIDICO

- Decreto 1575 de mayo 09 de 2007, expedido por el Ministerio de la Protección Social (MPS), y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (Decreto 1575, 2007).
- Resolución 2115 de junio 22 de 2007 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio del cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano”. Según lo ordenado en el Decreto MPS 1575 de 2007 (Resolución 2115, 2007).
- Resolución 0811 de marzo 5 de 2008 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio del cual se definen los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concretamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de

distribución”. Según lo ordenado en el Decreto MPS 1575 de 2007 (Resolución 0811, 2008).

- Resolución 00082 de enero 16 de 2009 expedida por el MPS, “Por medio del cual se adoptan unos formularios para la práctica de visitas de inspección sanitaria a los sistemas de suministro de agua para el consumo humano”. Según lo ordenado en el Decreto MPS 1575 de 2007 (Resolución 0082, 2009).
- Resolución 4716 de noviembre 18 de 2010 expedida por el MPS y el MAVDT, “Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo de artículo 15 del Decreto MPS 1575 de 2007”, mediante el cual se establecen las condiciones para elaborar los mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (Resolución 4716, 2010).
- Documento CONPES 3550 de noviembre 24 de 2008 expedido por el Consejo Nacional de Política Económica y Social y el Departamento Nacional de Planeación, lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad de aire, calidad de agua y seguridad química (Conpes 3550, 2008).
- Decreto 2323 de julio 12 de 2006 expedido por el MPS, “por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 9ª de 1979 en relación con la Red Nacional de Laboratorios y se dictan otras disposiciones” (Subdirección Red Nacional de Laboratorios, 2011).

4. METODOLOGÍA

4.1 TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS DE AGUA POTABLE

Las muestras se tomaron de forma manual ya que los lugares destinados para dicha toma son de fácil acceso, lugares adaptados para las diferentes tomas de muestra.

Es una toma de muestra simple porque se hizo teniendo en cuenta que se tomó en momentos determinados previamente es decir puntuales; siendo este tipo de muestra la apropiada para caracterizar la calidad del agua en un momento dado para los procedimientos de control que se realizaron en laboratorio.

La preservación de las muestras recolectadas se hizo por medio de cavas con pilas de gel refrigerante con el fin de aislar el calor externo para mantener temperatura y de las muestras, dichas muestras se trasladaron de inmediato al laboratorio en un trayecto no mayor a 15 minutos para sus respectivos análisis.

4.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Pamplona está situada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, sus coordenadas 72°39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7°23' de latitud norte. Se encuentra situada a 2.200 metros sobre el nivel del mar. Pamplona, limita al Norte con Pamplonita y Cucutilla, al sur con los municipios de Cácuta y Mutiscua, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla; en cuanto a extensión total cuenta con 318 Km² de las cuales la extensión de área urbana es de 59.214 Km² con 76. 983 habitantes aproximadamente (Alcandía de Pamplona, 2021). En la imagen 1 se presenta el mapa del municipio de Pamplona, lugar donde se llevó a cabo el seguimiento de la calidad de agua potable.

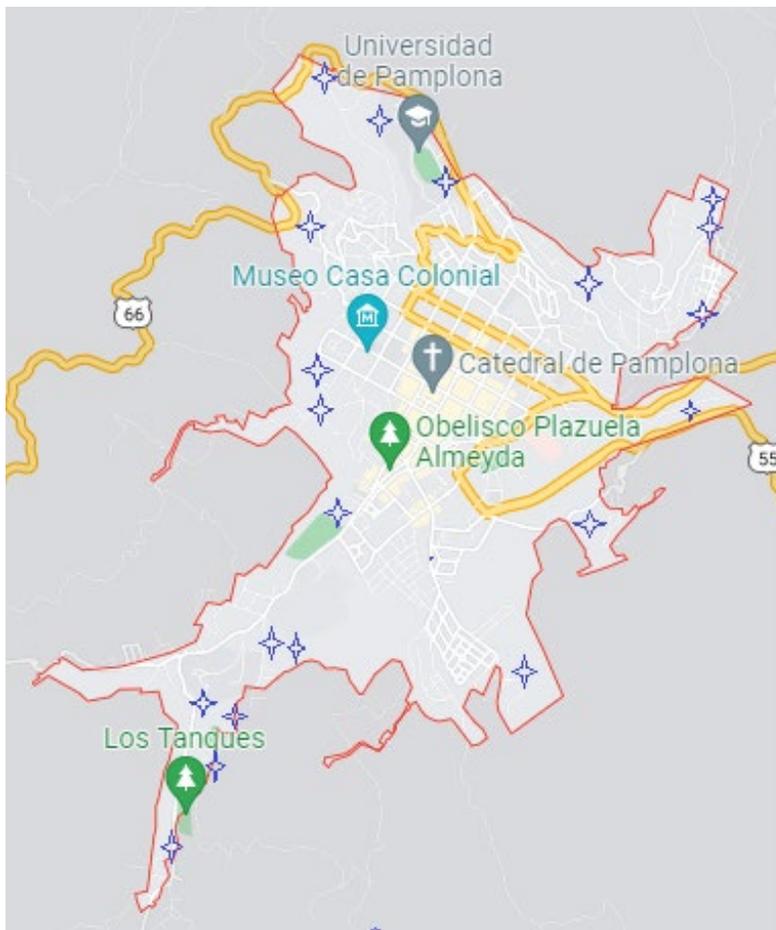


Imagen 1: Mapa del municipio de Pamplona, Norte de Santander Colombia. Las figuras azules indican los puntos de muestreo distribuidos a lo largo y ancho de la cabecera municipal. Fuente: Google maps

El laboratorio de control de calidad de agua potable de la ciudad de Pamplona está ubicado en la planta Cariongo, al suroccidente del municipio de Pamplona; allí se procesan todas las muestras que se recaudan de la red de distribución.

4.3 UBICACIÓN DE TOMA DE MUESTRAS

Los puntos de muestreo están distribuidos en diferentes sitios del municipio ubicados a las salidas de las plantas de tratamiento, a lo largo y ancho de la red de distribución, a la salida de los tanques de almacenamiento, de acuerdo a lo estipulado por la Resolución MPS 0811 de marzo 5 de 2008, debidamente

establecidos y concertados con la autoridad sanitaria competente en el Municipio, en este caso el Instituto Departamental de Salud de Norte de Santander.

Tabla 1: Descripción de los puntos de muestreo de la red de distribución

PUNTOS DE MUESTREO PLANTA DE TRATAMIENTO CARIONGO	
P 0001	Salida Planta Cariongo. Barrio Cariongo. Sector Los Tanques zona baja Tanque N°1 Parque recreacional Los Tanques
P 0002	Salida cámara, inicio de red. Colegio Normal Superior
P 0003	Salida tanque de almacenamiento Barrio Santa Marta.
P 0004	Salida tanque N° 2 Planta de tratamiento Cariongo. Parque recreacional. Zona intermedia.
P 0005	Puente salida Colegio Normal de varones. Inicio de red de distribución.
P 0006	Puente Chichira. Salida vía a Cúcuta. Extremo de la red de distribución.
P 0007	Salida tanque Provincial. Red de distribución. Detrás del colegio Provincial San José limita con el barrio El Olivo.
P 0008	Salida Seminario Mayor Santo Tomás de Aquino. Barrio Afanador y Cadena.
P 0009	Barrio Juan XXIII, junto al centro educativo. Salida a Bucaramanga.
P 0019	Barrio Galán, sector Campo Amor
PUNTOS DE MUESTREO PLANTA DE TRATAMIENTO MONTEADENTRO	
0010	Escuela Cariongo. Inicio de la red de distribución.
0011	Salida tanque de almacenamiento Jurado. Barrio Jurado.
0012	Salida tanque de almacenamiento Picapiedra. Vía Sabaneta.
0013	Tanque de almacenamiento La Trinidad. Barrio La Trinidad, debajo del puesto de control del ejército de Colombia.
0014	Salida tanque de almacenamiento Progreso 1. Barrio El Progreso.
0015	Salida tanque de almacenamiento Progreso 2. Barrio El Progreso.
0016	Salida tanque de almacenamiento Los Animes. Vereda Los Animes frente al orfanato.
0017	Finalización de la red de distribución. Barrio Villa Cristina. Esquina iglesia el Divino Salvador.
0018	Escuela Cristo rey. Barrio Cristo rey.
0021	Barrio El Zulia, Vía Principal, Entrada Urbanización Valle del Espíritu Santo
0022	Barrio San Pedro, CDI Bienestar Familiar
0023	Laboratorio

Los puntos de muestreo son una estructura construida en ladrillo a la vista, con una llave dispuesta para la toma de la muestra, cuenta con su puerta y candado de seguridad, debidamente identificados, como se muestra en la Imagen 3 del Anexo B.1.

4.4 TOMA DE MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS

Se realizó la respectiva desinfección del orificio de salida del grifo con alcohol al 70% y algodón, posteriormente se flameó con llama de alcohol impotable; posteriormente se abrió la llave para realizar la purga y dejar fluir el agua por aproximadamente un minuto y se hizo la recolección del líquido evitando que el recipiente o la tapa se contaminara y dejando un espacio vacío para facilitar la supervivencia de los microorganismos aerobios. Por último, se cerró muy bien el recipiente y se empacó en cava para mantener cadena de frío. Cada frasco se rotuló debidamente con nombre, fecha y hora de toma de muestra.

Los recipientes que se usaron para la toma de las diferentes muestras para análisis microbiológicos fueron frascos shock de vidrio con capacidad de 250 mL marca Boeco, con tapa rosca previamente esterilizados y con adición de 0.5 mL de Tiosulfato de sodio al 10% para neutralizar el cloro presente en la muestra.

4.5 TOMA DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS

La muestra se tomó posterior al análisis microbiológico; para este caso el recipiente se enjuagó dos o tres veces con la misma agua que se va a analizar y se llenó finalmente el frasco para las pruebas físico - químicas hasta el tope, evitando dejar aire atrapado en su interior, evitando así las modificaciones durante el transporte.

Los recipientes que se usaron para la toma de las diferentes muestras para análisis físicos y químicos fueron frascos Scoth de vidrio con capacidad de 500 ml marca Simax con tapa rosca.

4.6 TOMA DE MUESTRAS EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN

Se realizó la respectiva toma de muestras para análisis microbiológico y fisicoquímico una vez por semana durante siete semanas en tres etapas clave del proceso de potabilización, en la planta Cariongo. Las muestras fueron de las siguientes etapas: Entrada a la planta (E), salida de sedimentador (SS) y salida de filtración (SF). Las muestras (E) y (SS) se tomaron manualmente, y la muestra (SF) se tomó con ayuda de un recipiente adaptado para que llegara hasta el fondo de la cámara de filtración. Imágenes 4 en Anexos C.4.

4.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Las muestras de agua potable captadas de la red de distribución se procesaron en el laboratorio de control de calidad de agua para el análisis microbiológico utilizando la metodología de filtración por membrana, se usó el equipo bomba de Vacío Vacuubrand 1 y membranas de filtro de nitrato de celulosa con poros de 0.45 µm para la determinación de coliformes totales, *E. coli* y aerobios mesófilos.

Adicionalmente, se tomó muestras de tres etapas clave del proceso de tratamiento; las muestras fueron de agua cruda a las cuales sólo se les hizo recuento de Coliformes Totales y Fecales para análisis microbiológico.

4.8 PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO

4.8.1 Chromocult Agar

Se disolvió 7,95 g de medio de cultivo en 300 mL de agua destilada estéril. Se calentó en agua hirviendo y se agitó vigorosamente hasta la disolución completa. Bajo cabina de flujo laminar se dejó atemperar por unos minutos y se sirvió en cajas

de Petri de 60 mm estériles. Una vez solidificadas se almacenan a 4°C en posición invertida.

4.8.2 Plate Count Agar

Se disolvió 6,75 g de medio de cultivo en 300 mL de agua destilada. Se calentó en agua hirviendo y se agitó hasta la disolución completa. Se autoclavó a 121°C por 15 minutos, posteriormente bajo cabina de flujo laminar se dejó atemperar por unos minutos y se sirvió en cajas de Petri de 60 mm estériles. Una vez solidificadas se almacenan a 4°C en posición invertida.

4.9 DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES, *E. coli* Y AEROBIOS MESÓFILOS

Para el análisis de coliformes totales y fecales se instaló el manifold previamente esterilizado, dentro de la cabina de flujo laminar para luego insertar el contenedor sobre la rampa de filtración y posteriormente, ajustar el embudo al equipo. Luego se conectó al manifold a la rampa para generar presión luego se puso la membrana de 0,45 micras estéril con la superficie cuadrículada hacia arriba sobre el portafiltros poroso del embudo utilizando pinzas estériles, seguidamente se colocó el embudo para llevar a cabo la filtración depositando 100 mL de la muestra sobre el embudo. Se activó el sistema de encendido para que el equipo empiece a filtrar la muestra dispuesta anteriormente. Una vez finalizado el proceso de filtración, se retiró la membrana con pinzas estériles y se colocaron en las placas de Petri sobre el medio de cultivo Chromocult. Posteriormente, se incubó las cajas de Petri en posición invertida según temperatura y tiempo de incubación requerida. El recuento de *E. coli* y coliformes totales se incubó a 37° por 24 horas. El recuento de microorganismos se llevó a cabo según las especificaciones establecidas por la Resolución MPS 2115 de 2007.

Para la determinación de Coliformes totales y fecales de las muestras de agua cruda de las tres etapas del proceso de tratamiento (E, SS y SF) se llevó a cabo la filtración por membrana con 10 mL de muestra.

4.10 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

4.10.1 DETERMINACIÓN DE COLOR

La metodología usada para la determinación del color está basada en el Standard Methods 2120C por espectrofotometría método de Longitud de onda simple.

Primero se adicionó aproximadamente 20 mL de muestra a una celda, se secó y se limpió; posteriormente se pasó el blanco por el fotómetro Pocket Colorimeter II, se pulsó 0 para poner el instrumento a cero, luego se tomó la cubeta de la muestra, se colocó la muestra en el alojamiento de cubetas, se tapó, y se pulsó la tecla \checkmark . En la pantalla se observaron los resultados en unidades de concentración, en este caso Unidades de Platino Cobalto (UPC).

4.10.2 DETERMINACIÓN DE CLORO

Para realizar la determinación de cloro libre se utilizó un fotómetro HACH DR300, cuyo método está basado en el Standard Methods 4500-Cl.

Se adicionó muestra en una celda limpia, se purgó y se desechó el contenido. Luego se adicionó nuevamente 10 mL de muestra en la celda, se agregó el contenido de un sobre de reactivo DPD, se tapó y se mezcló generando un color rosado que reveló la presencia de cloro. Pasados tres minutos, la muestra se colocó en el portacelda del equipo y se realizó la lectura en mg/L Cl_2 .

4.10.3 DETERMINACIÓN DE pH

La metodología usada para la determinación de pH fue tomada de Standard Methods 4500 H+B, método electrométrico.

Se hizo lectura de pH a cada una de las muestras de agua potable con ayuda del pHmetro HQ11D marca HACH; primero se encendió el equipo y se dejó estabilizar para la correcta lectura, el electrodo se sacó de la solución de almacenamiento y se lavó con agua destilada para introducirlo completamente en la muestra, se tomó registro de los datos de pH y se lavó nuevamente el electrodo antes de introducirlo en la solución de almacenamiento.

4.10.4 DETERMINACIÓN DE CONDUCTIVIDAD

La metodología usada para la determinación de la conductividad fue tomada de Standard Methods 2510 B, método electrométrico.

Se llevó a cabo la lectura de conductividad de las muestras con un conductímetro SENSION 5 marca HACH (modelo sension5); se lavó la celda conductimétrica con agua destilada y se secó con toalla de papel e introducirla en la muestra, se registraron los datos obtenidos y se lavó nuevamente la celda conductimétrica con agua destilada se secó por completo y se guardó. La lectura de la conductividad se da en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.10.5 DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ

La metodología usada para la determinación de la turbidez fue tomada de Standard Methods 2130 B, método turbidímetro.

Se hicieron lecturas de turbidez con un Turbidímetro HACH 2100Q; para su correcta lectura se homogenizó la muestra y se transfirió aproximadamente 20 mL a una celda de lectura evitando dejar burbujas para afectar la lectura, se limpió y secó en su parte externa para eliminar manchas o huellas en el sitio de paso de luz;

posteriormente se colocó la celda adecuadamente en el equipo y se hizo lectura directa del resultado en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

4.10.6 DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD

La metodología usada para la determinación de la alcalinidad fue tomada de Standard Methods 2310 B, método titulación por volumetría.

Se midió 100 mL de muestra en una probeta y se transfirió a un vaso de precipitado, se le adicionó 3 gotas de verde de Bromocresol coloreando la muestra de azul, se continuó con la titulación con ayuda de una bureta digital Brand, este equipo dispensaba gota a gota la solución de ácido sulfúrico 0.02N sobre la muestra coloreada, se agitó suavemente hasta obtener el cambio de color a amarillo. Se registró el valor de ácido sulfúrico que se gastó durante la titulación. Se calculó la alcalinidad en mg/L CaCO₃.

4.10.7 DETERMINACIÓN DE DUREZA

La metodología usada para la determinación de la dureza fue tomada del Standard Methods 2340 C, método volumétrico con EDTA.

Se midió 100 mL de muestra en una probeta y se transfirió a un vaso de precipitados, se le adicionó 1 mL de solución reguladora de amonio para elevar el pH requerido (pH > 10), luego se adicionó con una microcuchara de negro de Eriocromo coloreando la muestra de rosado, se continuó con la titulación con ayuda de una bureta digital Brand, este equipo dispensó gota a gota la solución estándar de EDTA 0.01M, se agitó suavemente hasta obtener el cambio de color a azul claro. Se registró el valor de EDTA que se gastó durante la titulación. Se calculó la dureza en mg/L CaCO₃.

4.10.8 DETERMINACIÓN DE CLORUROS

Para determinar la concentración de cloruros en las muestras de agua potable se usó la metodología del Standard Methods 4500 Cl⁻ B, método argento métrico con nitrato de plata.

Se midió con una bureta 20 ml de muestra y se vertió en un vaso pequeño de precipitados, se adicionó 2 gotas de cromato de potasio al 5%, dándole una tonalidad amarilla al agua, se tituló con nitrato de plata al 0.01 N hasta observar el viraje de color de amarillo a rojo ladrillo; se registró el volumen gastado de nitrato de plata.

4.10.9 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE IRCA

Para la determinación de porcentaje IRCA, se usó la metodología descrita en la Resolución MPS 2115 de 2007. Se calculó mediante una media ponderada, de los puntajes de riesgo que se le otorgan a cada característica física, química y microbiológica según su impacto en la calidad del agua y el riesgo para la salud. La fórmula para calcular el porcentaje y sus cálculos se encuentran en el anexo (A.1). En el numerador se suman todos los puntajes atribuidos a cada característica que no cumplieron con los parámetros de calidad y en el denominador se suman todos los puntos de las características analizadas. Con base en el resultado del análisis obtenido de cada una de estas muestras, se calculó el IRCA por muestra y a su vez el cálculo del promedio por mes.

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																				
ACTIVIDAD	JULIO		AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE	
	semanas		semanas				semanas				semanas				semanas				semanas	
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Inducción y entrenamiento																				
Toma de muestras en red de distribución																				
Lavado y esterilización de material																				
Preparación de medios de cultivo																				
Análisis Microbiológicos (agua potable)																				
Análisis fisicoquímicos																				
Toma muestras proceso de tratamiento																				
Análisis microbiológicos (agua cruda)																				
Análisis fisicoquímicos (agua cruda)																				
Redacción informe de pasantía empresarial																				
Sustentación																				

Fuente: Propia

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se procesaron y analizaron 311 muestras a las cuales se les realizó análisis fisicoquímico y 141 muestras para análisis microbiológico tomadas de 23 puntos de la red de distribución, dispuestos por la planta de tratamiento del municipio de Pamplona durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre y 21 muestras adicionales de los 3 puntos del proceso de potabilización durante siete semanas entre los meses de octubre, noviembre y diciembre en el laboratorio de control de calidad de agua potable de la Planta Cariongo.

La Tabla 2 resume en promedio los resultados obtenidos durante el seguimiento realizado a la calidad del agua en los 23 puntos de muestreo de la red de distribución; se observa la cantidad de muestras analizadas por mes y los valores promedio de cada parámetro evaluado tanto microbiológico como fisicoquímico. Los resultados totales de las 311 muestras se pueden observar en el Anexo D.

Tabla 2: Promedio de resultados de cada parámetro fisicoquímico evaluado de todas las muestras analizadas en el laboratorio de control de calidad de la planta Cariongo. Resultados del % IRCA mensual y el promedio de los meses evaluados y porcentaje de aceptabilidad de los parámetros microbiológicos.

ANÁLISIS \ MES	PARAMETRO RES. MPS 2115/07	UNIDAD	AGO	SEP	OCT	NOV	PROMEDIO
IRCA (%)			3,07%	2,18%	1,72%	0,85%	1,96%
N. MUESTRAS FISICOQUÍMICAS			78	83	80	70	311
COLOR	MAX 15	UPC	10,44	8,67	9,25	5,19	8,39
TURBIEDAD	MAX 5	UNT	0,73	0,73	0,79	0,78	0,76
pH	6.5 - 9.0		6,82	6,79	7,01	7,49	7,03
COLOR RESIDUAL	0.3 - 2.0	ppm Cl ₂	1,16	1,07	1,29	1,35	1,22
DUREZA	MAX 300	ppm CaCO ₃	22,67	23,16	28,07	27,15	25,26

CLORUROS	MAX 250	ppm Cl-	7,96	7,78	13,12	11,53	10,10
ALCALINIDAD	MAX 200	ppm CaCO₃	23,52	23,74	27,00	26,76	25,26
CONDUCTIVIDAD	MAX 1000	μS/cm.	53,45	59,04	61,40	59,86	58,44
N. MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS			38	25	40	38	141
% ACEPTABILIDAD COLIFORMES TOTALES			100%	100%	98%	97%	98,75%
% ACEPTABILIDAD <i>E. Coli</i>			100%	100%	100%	100%	100,00%
% ACEPTABILIDAD AEROBIOS MESOFILOS			100%	-	100%	100%	100,00%

6.1 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE AGUA POTABLE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

De las 141 muestras microbiológicas que se analizaron a partir de las tomas de muestras de agua potable, la totalidad arrojó negativo para el parámetro de coliformes fecales (*Escherichia coli*); no se observó crecimiento de colonias típicas pasadas las 24 horas de incubación a 37°C; en la imagen 3 del anexo C.3 se observa la membrana sin crecimiento bacteriano (0 UFC/100mL). *Escherichia coli* es una de las bacterias indicadoras de contaminación fecal y son abundantes en el agua cruda, aunque el agua para consumo humano pase por una planta de tratamiento se debe realizar control de la presencia de este indicador para determinar la calidad microbiológica de la misma. La presencia de *E. coli* es una indicación de contaminación fecal reciente por parte de animales de sangre caliente, lo que aumenta el riesgo de enfermedades infecciosas ya que *Escherichia coli* es una bacteria patógena (American Water Works Association, 2002). El recuento de *E. coli* se basa en la escisión de los sustratos X-glucurónido por la β-D-glucuronidasa y Salmon-GAL por la β-D-galactosidasa, una combinación enzimática que es característica de *E. coli*. Cuando hay *E. coli* presente se escinden los dos sustratos, lo que da lugar a colonias que adquieren un color entre azul oscuro y violeta en oposición al rojo asalmonado de otras colonias de bacterias coliformes. Las bacterias no coliformes aparecen como colonias incoloras o, con baja frecuencia, de color turquesa. La formulación del agar Chromocult contiene, como

inhibidor de las bacterias grampositivas (Merck , 2021). En la Tabla 2 se observa el porcentaje de aceptabilidad para *E. coli* con un valor asignado de 100% en los cuatro meses estudiados, atendiendo a que la totalidad de las muestras cumplieron con este parámetro e indicativo de calidad.

En ese mismo contexto la Tabla 2 muestra un porcentaje de aceptabilidad para el parámetro de coliformes totales de 98% y 97% para los meses de octubre y noviembre respectivamente, es decir, en cada uno de estos meses una de las muestras reportó crecimiento de colonia típica de coliformes totales en el medio Chromocult (1 UFC/100 mL) saliéndose del rango de aceptabilidad que tiene este parámetro según la Resolución del MPS 2115 de 2007, de la cual se rige la empresa prestadora del servicio. Los Coliformes Totales son bacterias gram negativas, no esporoformadoras, oxidasa negativa, con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares, que a temperatura especificada de 35°C +/- 2°C causan fermentación de lactosa con producción de gas. Poseen la enzima B-galactosidasa (Navarro, 2017). El recuento de coliformes se basa en la capacidad de la β -D-galactosidasa, una enzima que es característica de las bacterias coliformes, para escindir el sustrato Salmon-GAL. La reacción produce colonias de coliformes de color rojo asalmonado (Merck , 2021). Los factores que podrían haber contribuido a que se observara la proliferación de microorganismos de este tipo podría estar asociado a la operación y mantenimiento de la red de distribución, que pueden generar la colonización de coliformes en la llave de toma de muestra por acción de una posible corrosión o sedimentos que quedan en la tubería por flujo de agua (American Water Works Association, 2002). Sin embargo, es importante aclarar que los dos puntos que presentaron presencia de coliformes totales son de los puntos que se analizan con más frecuencia por estar en el sitio de análisis (P004 y Laboratorio) y los otros puntos que se tomaron el mismo día cercanos y lejanos a dichos puntos de muestreo presentaron resultados negativos para cualquiera de los parámetros microbiológicos. Es por este motivo que, se presume la contaminación pudo originarse de forma cruzada en la

toma de muestra o en el proceso de filtración, dado que al hacer correcta limpieza y desinfección a las llaves de los puntos implicados los resultados posteriores salieron negativos.

Los resultados para aerobios mesófilos de todas las muestras procesadas y analizadas microbiológicamente no superaron el rango exigido por la Resolución del MPS 2115 de 2007 de máximo 100 UFC/ 100mL. En el agar Plate Count las colonias presentan un crecimiento ovalado de color crema; este medio no contiene inhibidores ni indicadores y es relativamente rico en sus nutrientes, el digerido enzimático de caseína (triptona) es una fuente de nitrógeno que contiene un alto nivel de aminoácidos libres y extracto de levadura que proporciona principalmente las vitaminas del complejo B, y la glucosa proporciona una fuente de energía para el crecimiento de bacterias (Merk KGaA, 2019).

Los microorganismos aerobios mesófilos incluyen todos los microorganismos, capaces de desarrollar en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C. El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos; es un indicador que refleja la calidad sanitaria del agua, indicando las condiciones higiénicas de la materia prima, un recuento bajo de aerobios mesófilos no implica o no asegura en su totalidad la ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera un recuento elevado no significa presencia de flora patógena; un recuento elevado puede significar una excesiva contaminación, deficiencia en el proceso de tratamiento y la posibilidad de que existan patógenos, pues estos son mesófilos (Passalacqua & Cabrera, 2014).

En el anexo D se encuentran los valores obtenidos para este parámetro.

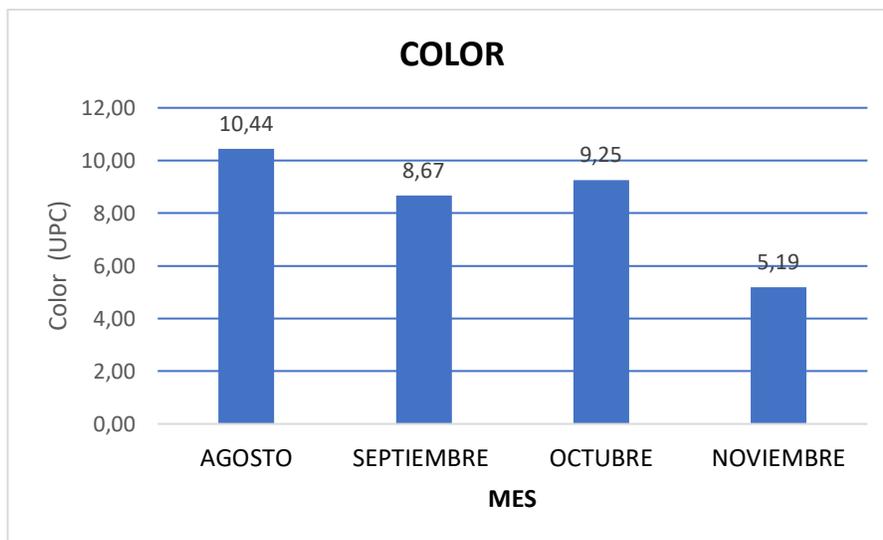
6.2 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA POTABLE DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de calidad del agua durante cuatro meses de estudio se muestran en anexos D; en la Tabla 2 se encuentran los valores promedio de cada parámetro evaluado de las 311 muestras. Los resultados son comparados con los límites establecidos por la Resolución del MPS 2115 de 2007 por la cual se rige la empresa prestadora del servicio.

Las gráficas 1, 2, 3 y 4 representan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos con más puntaje asignado para el % IRCA.

6.2.1 DETERMINACIÓN DE COLOR

El color expresado en unidades UPC de las muestras analizadas fluctuaba en los valores del rango (≤ 15 UPC). En la gráfica 1 se pueden observar los valores promedio por mes del parámetro donde agosto presentó el valor más alto (10,44 UPC) y noviembre el promedio más bajo (5,19 UPC). En agosto una de las muestras arrojó el valor de color más alto fuera de rango (46,77 UPC) del todo el estudio; el punto de muestreo pertenecía al Laboratorio donde el flujo de agua llega con mucha presión de oxígeno lo que sería una causante de interferencia en el fotómetro dando valores más altos; sin embargo, el color se puede ver afectado en este tipo de agua por factores medioambientales como fuertes y prolongadas precipitaciones o por turbiedad (Kiely, 2003). El color en el agua se debe a la presencia de varios iones metálicos característicos como el hierro y el manganeso, materia orgánica diversa y en algunos casos residuos contaminantes de tipo industrial y aunque se tomaron valores de color, cabe aclarar que el agua a menudo puede aparecer coloreada debido a coloidal u otro material presente en suspensión, lo que significa que el color verdadero debe determinarse solo después de la filtración, generalmente a través de un filtro de 0.45 micrones (Ratnayaka, 2009).

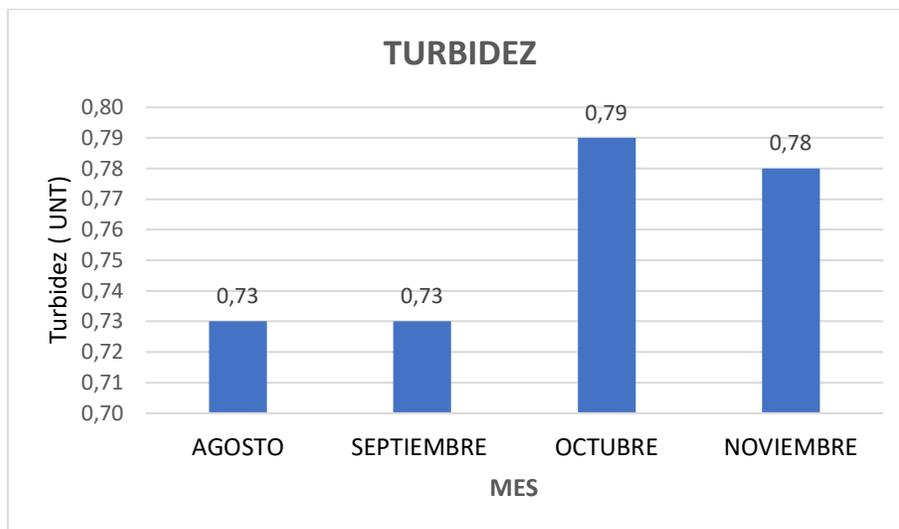


Gráfica 1: Representación gráfica del comportamiento promedio del color en Unidades de Platino Cobalto (UPC) por mes.

6.2.2 DETERMINACIÓN DE TURBIEDAD

La turbidez (UNT) es una medida de claridad del agua; esta medida se analizó en las muestras tomadas donde según los resultados la turbidez se comportó de manera constante durante los meses estudiados; en la gráfica 2 se representan los valores promedio por mes de este parámetro. El valor más alto y más bajo registrado por una de las muestras tomadas en uno de los puntos de la red de distribución fue de 3,32 (UNT) y 0,19 (UNT) respectivamente durante el mes de agosto. La turbidez en el agua para consumo humano es un aspecto referente a la aceptabilidad del agua de consumo y puede estar ocasionada por una gran variedad de materiales en suspensión como arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos, entre otros (Romero, 2005). Para que el agua sea apta para su uso, el agua debe estar libre de todas las impurezas que sean ofensivas para el sentido de la vista, el gusto o el olfato y una característica física muy importante que se debe encontrar cuando se habla de la calidad estética del agua es la turbidez y según los datos obtenidos el parámetro cumple la normativa correspondiente. Ahora, cuando se encuentra un valor alto de este parámetro se debe posiblemente a la presencia de arcilla y limo, materia orgánica

e inorgánica fina, algas y microorganismos que no se remueven durante el proceso de tratamiento, además de afectar la seguridad y atracción estética del agua (Mekuria, Kassegne, & Asfaw., 2021). El uso de agua muy turbia puede ser un riesgo para la salud, ya que la turbidez excesiva estimula el crecimiento de bacterias patógenas y puede protegerlas de los efectos de los desinfectantes (J.K. Ondieki, 2021).

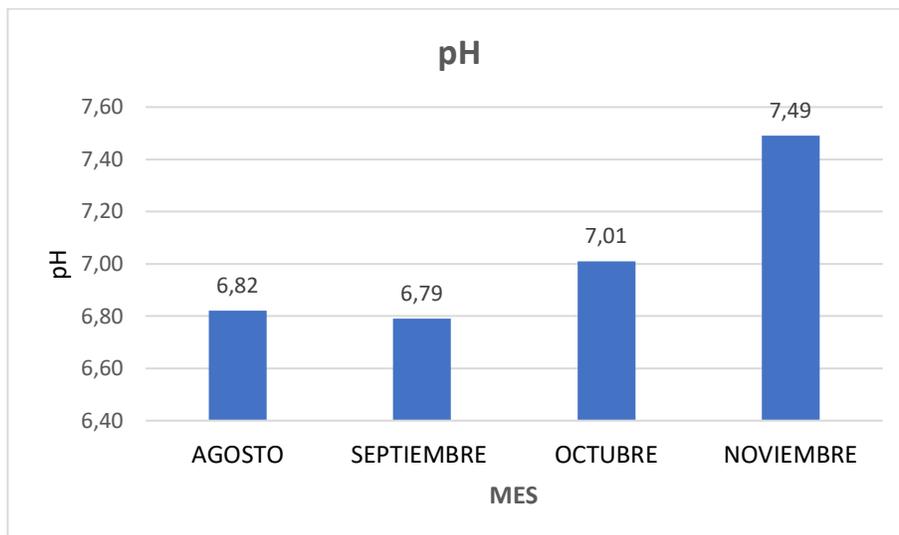


Gráfica 2: Representación gráfica del comportamiento promedio de la Turbidez en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) por mes.

6.2.3 DETERMINACIÓN DE pH

El efecto del pH sobre las propiedades químicas y biológicas del agua hace su determinación importante, por ejemplo, en el control de la corrosión y de los procesos de tratamiento de agua, puesto que su valor permanece en equilibrio con la alcalinidad, la acidez y el bióxido de carbono presentes (Kiely, 2003). Como resultados en cuanto al valor de pH se puede observar en la gráfica 3 el comportamiento variado desde agosto hasta noviembre de los valores promedio por mes. La totalidad de las muestras de pH estaban entre el rango establecido por la Resolución MPS 2115 de 2007. El valor máximo registrado fue de 7,49 en noviembre. El principio básico de la medida electrométrica de pH es la

determinación de la actividad de los iones de hidrógeno con medidas potenciométricas mediante un electrodo estándar de hidrógeno y un electrodo referencia (Gonzales, 2011). El pH por encima de 7 podría estar asociado a materiales orgánicos y otros químicos por lo que el pH es un parámetro importante en el agua potable, ya que afecta la eficacia de la desinfección y afecta la corrosión de las tuberías por lo que es de gran importancia hacer el seguimiento a este parámetro (J.K. Ondieki, 2021).

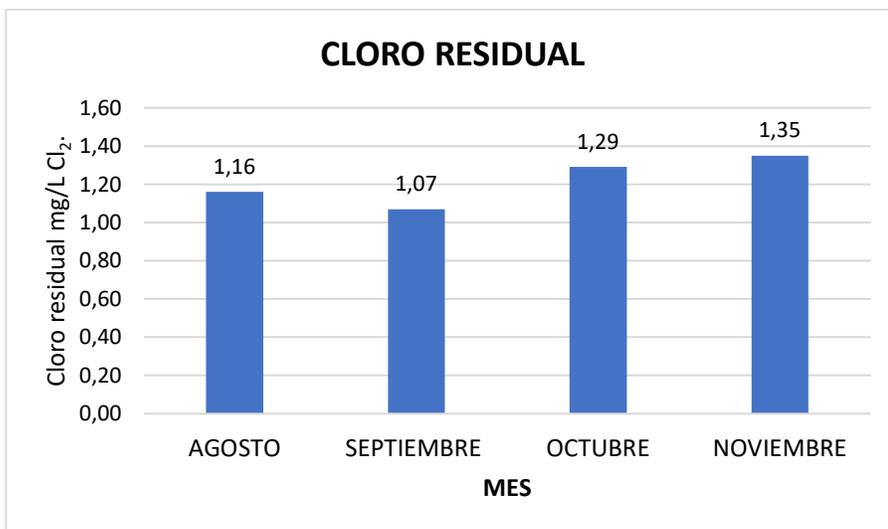


Gráfica 3: Representación gráfica del comportamiento promedio del pH por mes.

6.2.4 DETERMINACIÓN DE CLORO RESIDUAL

El cloro residual presente en las muestras se mantuvo por debajo del rango máximo exigido por la respectiva normativa (0,3 - 2,0 mg/L Cl₂). Los meses de agosto y septiembre presentaron los valores de cloro residual más bajos (0.10 mg/L Cl₂). La gráfica 4 representa el promedio de todos los resultados de cloro residual obtenidos por mes. El cloro sigue siendo el principal biocida y desinfectante utilizado en el

tratamiento del agua, usando comúnmente el cloro gaseoso. La eficacia del cloro como desinfectante surge de su alta reactividad química, aunque se reconoce que el uso de cloro para la desinfección puede resultar en la formación de una amplia gama de compuestos clorados indeseables, conocidos colectivamente como subproductos de la desinfección en concentraciones muy bajas que pueden afectar la salud (Brandt, 2017). Sin embargo, este desinfectante es esencial para garantizar que el agua sea microbiológicamente segura para beber; la OMS recomienda que haya un cloro residual libre de $\geq 0,5$ mg / l después de al menos 30 minutos de tiempo de contacto a un pH inferior a 8,0 para lograr una desinfección eficaz y se observa en la gráfica 4 que los valores promedio si están por encima de lo recomendado por la OMS ya que se busca que cuando el agua clorada llegue a las viviendas alcance los valores permitidos y recomendados; es decir que de la planta de tratamiento se busca que el cloro residual libre no supere los 2.0 mg/L por la pérdida que se genera a lo largo de la red de distribución. Ahora, el exceso de cloro en el agua potable se ha asociado con anomalías congénitas (J.K. Ondieki, 2021) debido a que durante la cloración se forman varios tipos de subproductos tóxicos de la desinfección (DBP) (p. ej., trihalometanos, ácidos haloacéticos) que no son buenos para la salud humana (debido a sus efectos cancerígenos y mutagénicos). Varios factores pueden influir en la formación de DBP en el agua, como la temperatura, el pH, la materia orgánica, concentración de cloro residual libre, relación molar de cloro y nitrógeno (Srivastav & Kaur, 2020)



Gráfica 4: Representación gráfica del comportamiento promedio del cloro residual en unidades de mg/L Cl₂ por mes.

6.2.5 DETERMINACIÓN ALCALINIDAD

De manera general la alcalinidad es lo opuesto a la acidez, a medida que aumenta el valor del pH también aumenta la alcalinidad; este parámetro comprende principalmente la suma de los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de calcio, magnesio, sodio y potasio. La alcalinidad proporciona un efecto amortiguador del pH, que es un factor importante en muchos procesos de tratamiento de agua. También es un factor clave para determinar la naturaleza corrosiva del agua. En la Tabla 2 se observa el comportamiento promedio de la alcalinidad por mes dando valores dentro del rango máximo (200 ppm CaCO₃) permitido por la normativa vigente correspondiente. El valor más bajo que se obtuvo fue de 14,80 ppm CaCO₃ para el mes de septiembre y el valor más alto reportado en este tiempo fue 32,30 ppm CaCO₃ en el mismo mes.

6.2.6 DETERMINACIÓN DE DUREZA

Los valores obtenidos para el parámetro fisicoquímico de dureza en agua potable de las muestras tomadas se comportaron de manera constante, con un valor

promedio de los cuatro meses de 25,26 ppm CaCO_3 cómo se observa en la Tabla 2. La totalidad de las muestras analizadas permanecieron por debajo del rango máximo aceptado (160 ppm CaCO_3). Según los anteriores resultados se puede describir la dureza del agua tratada por la PTAP como moderadamente suave ya que está en el rango de 50 – 100 ppm CaCO_3 . Los problemas causados por una dureza excesiva (valores superiores a 200 ppm CaCO_3) se relacionan principalmente con la formación de incrustaciones en las calderas y los sistemas de agua caliente, también se ha encontrado incrustaciones en los utensilios de cocina y un mayor uso de jabón, con la formación de espuma asociada ya que el jabón es precipitado por lo iones de calcio y magnesio, por el contrario, las aguas que contienen menos de 30 a 50 ppm CaCO_3 de dureza total tienden a ser corrosivas (Brandt, 2017). Ahora, si hay un incumplimiento en dicho parámetro al exceder los valores máximos permitidos podrían tener algunas implicaciones a la salud humana como producir simples asperezas en la piel y/o endurecimiento del cabello, hasta cálculos renales, aumentar la incidencia de ataques cardíacos o estar relacionados con anomalías del sistema nervioso y varios tipos de cáncer; mientras que valores muy bajos (mencionados anteriormente) puede reducir la capacidad amortiguadora lo que genera corrosión en las tuberías, por lo que ciertos metales pesados como cobre, zinc, plomo y cadmio pueden estar presentes en el agua potable. El grado de corrosión y solubilización de los metales también depende del pH, la alcalinidad y la concentración de oxígeno disuelto (Pérez, 2016)

6.2.7 DETERMINACIÓN DE CLORUROS

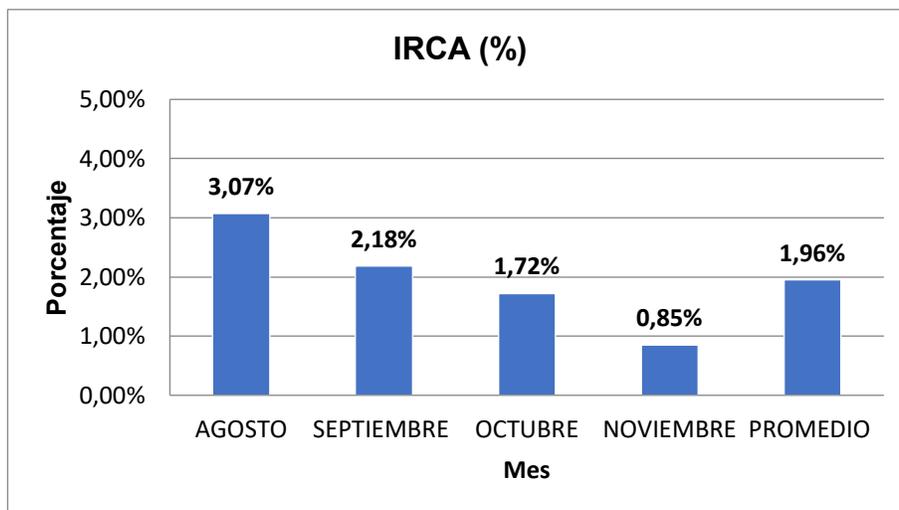
Se obtuvo valores dentro de rango de cloruros (250 ppm Cl^-) en la totalidad de muestras analizadas; en la Tabla 2 se observa el promedio de este parámetro fisicoquímico de los cuatro meses por un valor de 10,10 ppm Cl^- lo que es normal por tratarse de muestras de agua potable donde la concentración de cloruros es inferior a los 50 ppm Cl^- ; así mismo cualquier aumento marcado de este parámetro indicaría contaminación por aguas residuales o por escorrentía urbana y también su

exceso genera cambios en el sabor y genera corrosión (Brandt, 2017). El cloruro se encuentra en casi todas las aguas y proviene de varias fuentes, incluidos depósitos minerales naturales; intrusión de agua de mar o rocío marino en el aire; vertidos agrícolas o de riego; esorrentía urbana por el uso de sales des congelantes; o de aguas residuales y efluentes industriales. Por lo general, se combina con sodio y en menor medida con potasio, calcio y magnesio, lo que hace que el cloruro sea uno de los componentes más estables del agua. (Brandt, 2017).

6.3 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA)

Es un indicador que determina la calidad del agua, por el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, basado en análisis de características físicas, químicas y microbiológicas en muestras de agua (Ministerio de la Protección Social, 2007).

En la gráfica 5 se observan los porcentajes IRCA calculados de los cuatro meses en los que se recolectaron las muestras de los puntos de la red de distribución establecidos por la empresa Empopamplona S.A.E.S.P, basándose en el ejercicio de la vigilancia de la calidad del agua según el Decreto 1575 MPS de 2007. El valor para el mes de agosto fue el porcentaje más alto (3.07%) a comparación de septiembre, octubre y noviembre; ese valor, aunque es el más alto del estudio realizado sigue siendo categorizada sin riesgo de acuerdo a la clasificación del nivel de riesgo en salud establecido en la Resolución 2115 MPS de 2007 (Anexo D). Así mismo el %IRCA de dicho mes obtuvo ese valor ya que un número mayor de muestras analizadas en ese mes se salieron del rango permitido en diferentes parámetros como color, turbiedad y cloro residual. Ahora, el mes de noviembre presentó el %IRCA más bajo de todos (0.85%) ya que en este mes gran número de muestras cumplieron todos los parámetros asignados a pesar de tener crecimiento microbiano de coliformes totales en una de las muestras.



Grafica 5: Porcentaje del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (% IRCA) de los meses analizados

Como resultado tenemos un % IRCA promedio de 1,96% que indica un nivel de riesgo (sin Riesgo) comprobando que el agua muestreada durante este estudio es apta para el consumo humano.

6.4 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS DE LOS PUNTOS CLAVE EN EL PROCESO DE POTABILIZACIÓN

Para realizar un seguimiento adecuado al proceso de potabilización se tomaron 21 muestras de tres etapas clave de la PTAP en la planta Cariongo del municipio de Pamplona durante siete semanas. El parámetro microbiológico que se evaluó fue la presencia de coliformes totales y *E. coli* como un indicador de qué tan contaminada entraba la materia prima a la planta de tratamiento, en la imagen 2 se puede observar el crecimiento microbiano de una de las muestras obtenidas en las tres etapas del proceso y en la Tabla 3 se encuentran los respectivos recuentos microbiológicos de cada etapa durante el tiempo transcurrido de estudio.

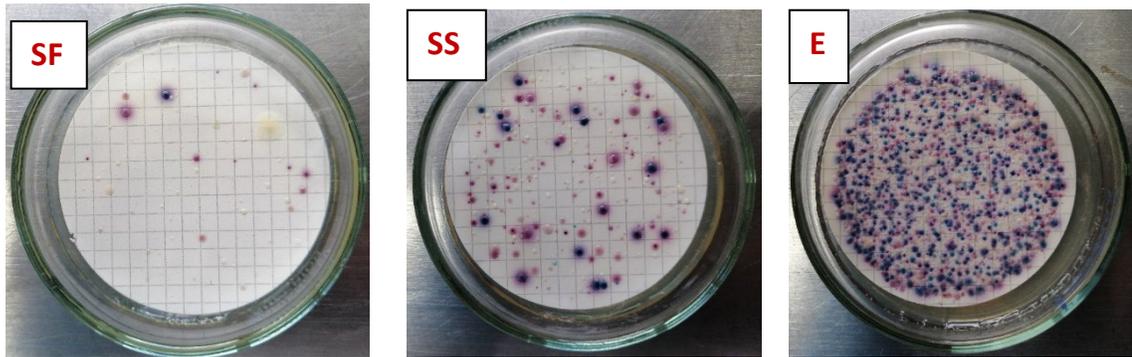


Imagen 2: Cajas de Petri con crecimiento microbiano (Colonias violetas - coliformes totales y colonias azules – *E. coli*) en agar Chromocult de las etapas clave del proceso de tratamiento. E: entrada a la planta, SS: Salida sedimentador, SF: Salida filtración.

Tabla 3: Resultados microbiológicos (coliformes fecales y totales) de las etapas del proceso de tratamiento procesadas durante siete semanas. **E:** Entrada a la planta, **SS:** Salida de Sedimentador y **SF:** Salida de Filtración.

MUESTRA	FECHA	SEMANA	<i>E. coli</i> UFC/100mL	Coliformes totales UFC/100mL
E	21/10/2021	1	640	TNTC*
SS	21/10/2021	1	520	TNTC*
SF	21/11/2021	1	100	260
E	27/10/2021	2	1.590	TNTC*
SS	27/10/2021	2	60	TNTC*
SF	27/10/2021	2	20	130
E	04/11/2021	3	TNTC*	TNTC*
SS	04/11/2021	3	150	920
SF	04/11/2021	3	10	120

E	11/11/2021	4	240	TNTC*
SS	11/11/2021	4	10	270
SF	11/11/2021	4	0	160
E	18/11/2021	5	570	TNTC*
SS	18/11/2021	5	130	TNTC*
SF	18/11/2021	5	0	0
E	25/11/2021	6	TNTC*	TNTC*
SS	25/11/2021	6	100	500
SF	25/11/2021	6	0	0
E	02/12/2021	7	TNTC*	TNTC*
SS	02/12/2021	7	330	320
SF	02/12/2021	7	10	130

TNTC*: Muy numeroso para contar; por sus siglas en inglés (too numerous to count)

En la tabla 3 se observa el comportamiento según el crecimiento microbiano por semana de las etapas de tratamiento; claramente el crecimiento es más abundante al inicio del proceso en las muestras recolectadas a la entrada de la planta (E); debido a que en este punto el líquido solo ha pasado por el desarenador y no ha tenido ningún otro tipo de tratamiento. La semana 3 obtuvo el mayor recuento microbiano de *E. coli*. El comportamiento de los en los resultados obtenidos para la entrada de la planta (E) revelan que las fuentes de agua superficiales, están sujetas a grandes cantidades de contaminación de tipo fecal, introducidos por la escorrentía de tormentas sobre las vertientes acuíferas y las posibles descargas domésticas aguas arriba (Geldreich, 2002). En este contexto, al comparar con los recuentos tomados en la salida de filtración (SS) se observa como la carga microbiana disminuyó notablemente (150 UFC/100mL); esta etapa el agua ya ha pasado por el proceso de coagulación y floculación, que es uno de los componentes esenciales de los sistemas de tratamiento de agua; es un proceso donde el químico que se le

agrega al agua incrementa la tendencia de las pequeñas partículas en una suspensión acuosa, de agregarse unas a otras formando gránulos en un lecho filtrante. (Lettermann, 2002). En la sedimentación ya se ha bajado la concentración de sólidos por acción de la gravedad y se han asentado gran parte de las partículas que precipita a su vez gran cantidad de los microorganismos; por esta razón se observa que en todas las semanas de estudio las muestras disminuían la concentración microbiana en la salida de sedimentador.

Las muestras tomadas en la salida de filtración (SF) evidenciaron la reducción de carga microbiana al pasar de TNTC* de la entrada (E) a 0 UFC/100 mL en la salida de filtración (SF) en la semana 6; en efecto, en este punto del tratamiento el agua captada ya ha pasado por la adición de coagulantes, mezcla rápida, floculación y filtración; el agua ha tenido un buen tratamiento pero no ha pasado por la etapa de cloración y aun así los resultados muestran 0 UFC/100 mL para *E. coli* en la semana 4, 5 y 6 del estudio.

6.5 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LOS PUNTOS CLAVE DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN

Se tomaron 21 muestras para los análisis fisicoquímicos de tres de las etapas de la PTAP durante 7 semanas de estudio y se analizaron en el laboratorio de control de calidad de la planta Cariongo. Los resultados fisicoquímicos se observan en las Tablas 4 hasta la Tabla 10, donde se observa cada parámetro analizado. Los parámetros que se le realizaron fue color, turbiedad, pH, temperatura, dureza, cloruros, alcalinidad y conductividad; no se realizó cloro residual porque este tipo de agua cruda no tiene adición de cloro.

TABLA 4: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 1. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR	TURB	pH	T	DUR	CL ⁻	ALC	COND
--	-------	------	----	---	-----	-----------------	-----	------

	UPC	UNT		°C	ppm CaCO ₃	ppm Cl ⁻	ppm Fe	μS/cm
E	147,0	11,7	7,73	15,0	29,0	17,49	31,1	73,0
SS	70,0	1,57	7,95	14,7	27,9	17,49	32,3	71,2
SF	5,3	0,64	7,92	15,0	30,3	13,99	30,4	72,8

TABLA 5: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 2. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO ₃	CL ⁻ ppm Cl ⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	383,6	78,5	7,93	14,9	30,6	12,25	31,2	69,5
SS	55,9	1,63	7,94	14,1	30,3	9,62	32,2	71,4
SF	6,68	0,62	7,73	14,7	30,2	11,37	30,3	77,2

TABLA 6: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 3. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO ₃	CL ⁻ ppm Cl ⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	248,3	28,7	7,92	14,8	25,8	12,25	68,4	15,28
SS	24,82	2,40	7,83	15,2	32,2	13,99	30,0	62,9
SF	0	0,72	7,52	15,1	29,0	11,39	26,6	63,2

TABLA 7: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 4. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO₃	CL⁻ ppm Cl⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	154,0	11,6	7,95	13,0	39,8	8,75	32,0	70,2
SS	23,78	1,27	7,81	13,2	28,6	13,12	30,8	71,2
SF	11,68	1,67	7,57	14,4	30,5	11,37	28,8	124,7

TABLA 8: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 5. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO₃	CL⁻ ppm Cl⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	158,0	34,2	7,80	13,9	30,2	13,12	32,3	116,3
SS	46,80	4,73	7,40	14,2	29,6	12,27	30,4	86,0
SF	3,92	0,30	7,66	14,6	29,6	12,25	33,1	78,6

TABLA 9: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 6. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

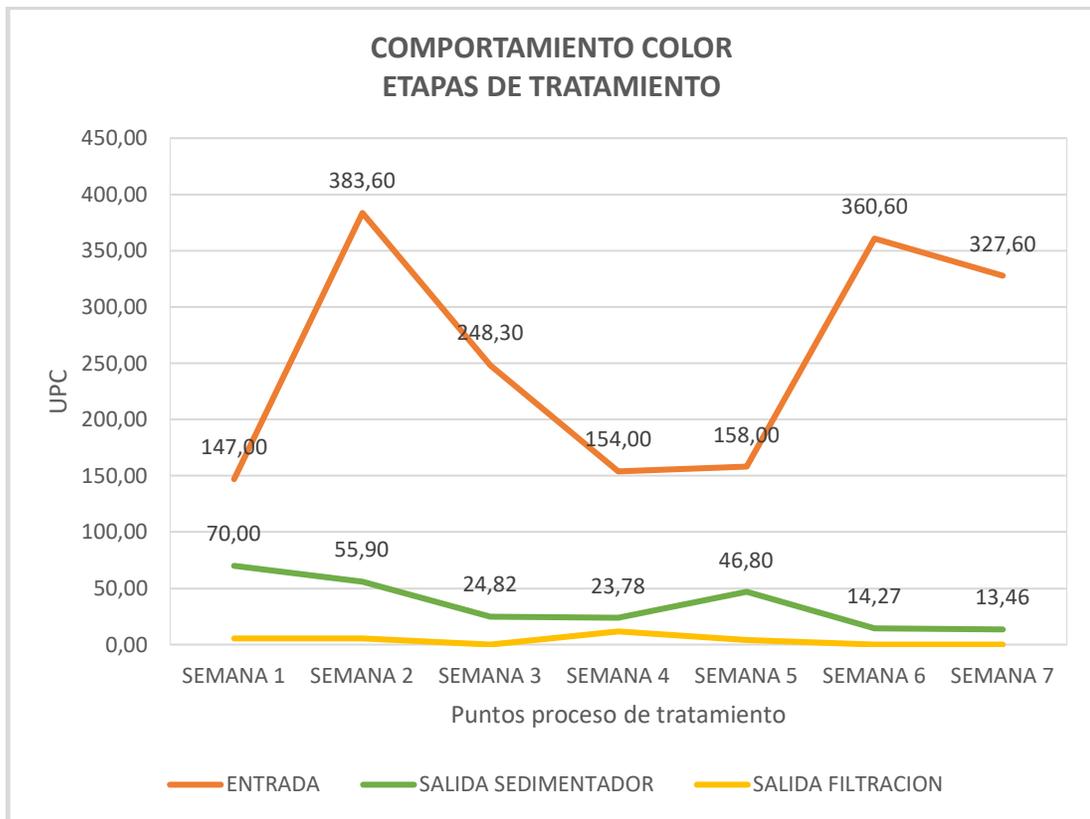
	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO₃	CL⁻ ppm Cl⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	360,6	53,0	7,62	15,8	35,7	13,99	37,8	69,3
SS	14,27	1,84	7,70	15,0	28,9	10,50	34,3	71,8
SF	0,0	0,56	7,37	15,1	40,8	13,12	28,8	80,1

TABLA 10: Resultados fisicoquímicos de tres de las etapas del proceso de potabilización en le semana 7. E: Entrada a la Planta, SS: salida de sedimentador y SF: salida de filtración.

	COLOR UPC	TURB UNT	pH	T °C	DUR ppm CaCO₃	CL⁻ ppm Cl⁻	ALC ppm Fe	COND μS/cm
E	327,6	44,1	7,43	12,8	32,5	8,75	32,7	68,8
SS	13,46	2,27	7,81	12,6	38,6	10,50	32,7	72,9
SF	0,0	0,37	7,46	13,1	34,0	10,50	31,1	69,4

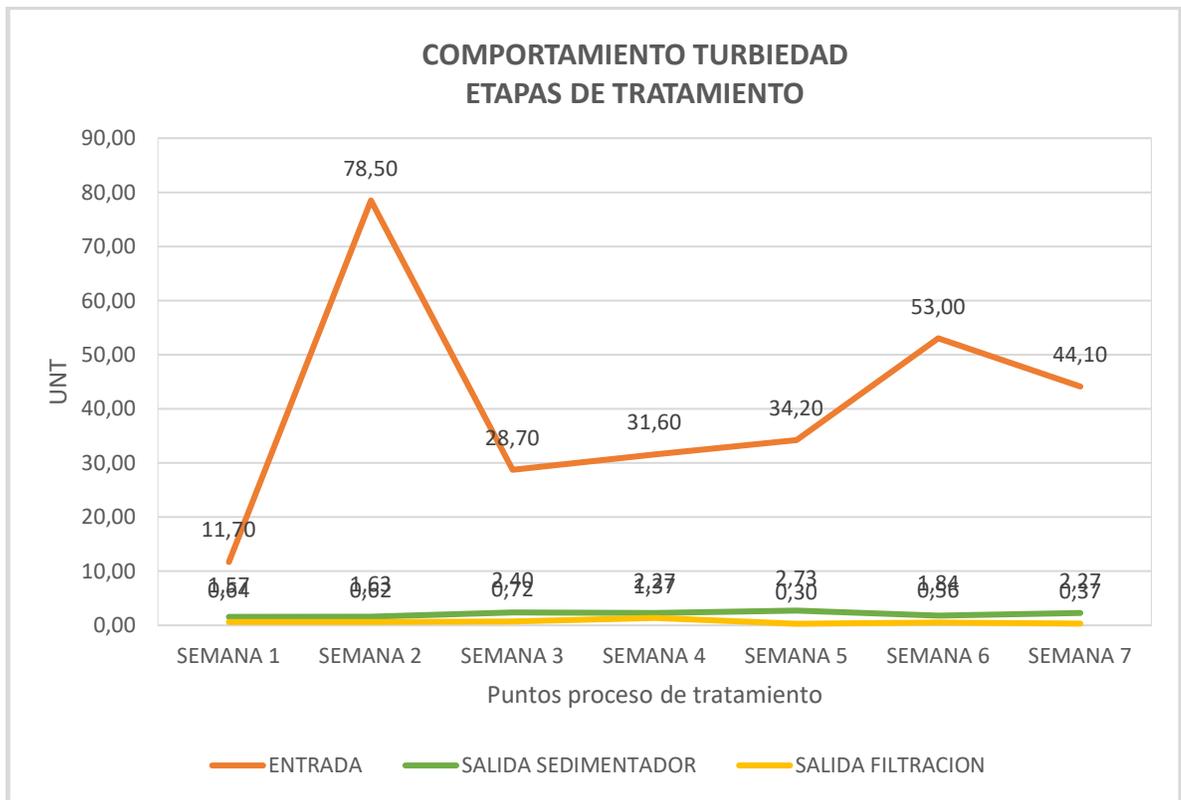
En la gráfica 6 se muestra el comportamiento del color como parámetro fisicoquímico. Se observan los cambios en los valores del color en los tres procesos estudiados; en las muestras tomadas en la entrada de la planta se evidencia que el agua cruda tiene niveles altos de color; la semana 2 evidencia el valor más alto para este parámetro (383.60 UPC) y en la semana 5 el valor más bajo (158 UPC). Dichos valores son normales en aguas superficiales sin tratamiento previo, el color de las aguas superficiales no contaminadas se debe a la presencia de materia orgánica natural, como pueden ser las sustancias húmicas y ácidos fúlvicos que se derivan de la turba y el humus del suelo, o ciertos metales como hierro, manganeso o cobre, que se encuentran disueltos o en suspensión (Ratnayaka, 2009). También es importante resaltar que los niveles descienden claramente una vez ha pasado el agua por el proceso de coagulación y floculación; donde gran parte de las partículas se sedimentan generando que disminuyan dichos valores de color.

Una vez el agua pasa por los filtros de la PTAP los valores que se reportan son los apropiados para generar calidad estética al agua de consumo, como se observa en los resultados semanales de color en las muestras tomadas a la salida de filtración (SF) 5,8 UPC; 0,0 UPC; 3,92 UPC; el valor máximo que se obtuvo fue 11,68 UPC en la semana 4.



Gráfica 6: Comportamiento del color en unidades UPC en las tres de las etapas del proceso de tratamiento, por semana.

La medición de la turbidez es un indicador simple y útil del estado del agua que entra y sale de la PTAP; en la gráfica 7 se observan los valores registrados para la turbidez de las muestras de tres de las etapas de tratamiento. Al igual que el color, la turbiedad de la muestra (E) en la semana 2 fue la que registró el valor más alto, posiblemente se deba a condiciones climáticas como las precipitaciones que provocan más escorrentía superficial y arrastre de arena, lodos y demás material sólido que genera elevación de estos valores.



Gráfica 7: Comportamiento de turbidez en unidades UNT en las tres de las etapas del proceso de tratamiento, por semana.

Teóricamente la turbidez del agua cruda puede variar en un rango muy amplio según la fuente de captación, desde prácticamente cero hasta varios miles de UNT. Un tratamiento de aguas superficiales eficaz debería poder producir de forma constante aguas finales con niveles de turbidez inferiores a 1 NTU como los obtenidos en este estudio; las medidas de turbidez son, por lo tanto, una herramienta esencial para optimizar y controlar los procesos de tratamiento de agua (Ratnayaka, 2009).

7. CONCLUSIONES

- Al evaluar los parámetros bacteriológicos de las muestras de agua potable tomadas de 21 puntos de la red de distribución, se evidencia que el agua que es tratada en la PTAP del municipio de Pamplona y es suministrada a la población, es agua de calidad y es apta para el consumo humano.
- Las pruebas fisicoquímicas realizadas a las muestras permitieron determinar, que el agua suministrada cumple con los parámetros físicos y químicos según lo exigido por la Resolución MPS 2115 de 2007 para agua potable.
- El porcentaje de Índice de Riesgo de Calidad de Agua (%IRCA) promedio durante cuatro meses de análisis fue de 1.96%, otorgándole una caracterización de *sin riesgo* para el consumo; no obstante, es importante continuar con la vigilancia constante de la calidad del agua en la red de distribución, en especial los parámetros fuera del rango.
- Los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos de las etapas clave del proceso de tratamiento de la planta, reveló el correcto funcionamiento de la misma y la efectividad en el tratamiento del agua superficial.
- Es importante hacer seguimiento a las etapas del proceso de potabilización, para delimitar posibles fallas en el proceso de manera anticipada y prevenir declive en la calidad del agua.

8. RECOMENDACIONES

- Continuar con tomas periódicas de muestras con mayor frecuencia de los puntos de muestreo donde se observó valores por fuera de rango de los parámetros tanto bacteriológicos como fisicoquímicos para dar trazabilidad a los posibles eventos que hacen que la calidad del agua disminuya.
- Continuar con el proceso de toma de muestras de las etapas de tratamiento, con el fin de hacer seguimiento al funcionamiento de los diferentes procesos de la planta.
- Gestionar y realizar pruebas de detección de *Giardia* spp., *Cryptosporidium* spp., residual del coagulante, hierro, fluoruros, contempladas en la normativa a la cual se rige la entidad con el fin de determinar mejor la calidad del agua que es consumida por los habitantes del Municipio.

9. GLOSARIO

AGUA: Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (H₂O).

AGUA CRUDA: Es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

AGUA POTABLE: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el presente decreto y demás normas que la reglamenten, es apta para consumo humano. Se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

AGUA SUPERFICIAL: Es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas; son todas aquellas quietas o corrientes en la superficie del suelo.

CALIDAD DEL AGUA: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

COLOR RESIDUAL: Cantidad de cloro presente en el agua, en forma libre o combinada, después de efectuada la cloración.

COAGULACIÓN: todas las reacciones y mecanismos que resulten de la agrupación de partículas en el agua que este siendo tratada.

DESINFECCIÓN: Proceso diseñado para la deliberada reducción del número de microorganismos patógenos

FLOCULACIÓN: interrelación de las partículas para formar agregados que pueden ser eficientemente emulsionados en subsiguientes procesos de separación.

INDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO

HUMANO IRCA: grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano.

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA: Es el establecimiento público o privado, donde se realizan los procedimientos de análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, el cual debe cumplir con los requisitos previstos en el presente decreto.

MUESTRA: Toma puntual de agua en los puntos de muestreo concertados, que refleja la composición física, química y microbiológica representativa del momento, para el proceso de vigilancia de la Autoridad Sanitaria.

MUESTREO: Proceso de toma de muestras que son analizadas en laboratorios para obtener información sobre la calidad del agua del sitio concertado en que fueron tomadas.

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable.

PUNTOS DE MUESTREO EN RED DE DISTRIBUCIÓN: Son aquellos sitios concertados y materializados con dispositivos de toma, donde se realiza la recolección de la muestra de agua para la vigilancia y el control según resolución 811 de 2008.

RIESGO: Probabilidad de que un agente o sustancia produzca o genere una alteración a la salud como consecuencia de una exposición al mismo.

SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO: Es el conjunto de estructuras, equipos, materiales, procesos, operaciones y el recurso humano utilizado para la captación, aducción, pretratamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y distribución del agua para consumo humano.

TRATAMIENTO DE AGUA: Conjunto de estructuras situados antes de la red de distribución en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Ahuja, S. (2021). Chapter 1 - Overview: modern water purity and quality . En S. Ahuja, *Handbook of Water Purity and Quality (Second Edition)* (págs. 1-18). Calabash, Estados Unidos: Academic Press.
- Alcandía de Pamplona. (21 de 11 de 2021). *Alcaldía de Pamplona* . Obtenido de <http://www.pamplona-nortedesantander.gov.co/Paginas/default.aspx>
- American Water Works Association. (2002). *Calidad y Tratamiento del agua - Manual de suministros de agua comunitaria*. Madrid: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U.
- Armstrong, L. E. (2018). Water Intake, Water Balance, and the Elusive Daily Water Requirement. *Nutrients*, 10(12).
- Betancurt & Ramírez . (09 de Mayo de 2007). *Ministerio del medio ambiente*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- Brandt, M. J. (2017). Chapter 7 - Chemistry, Microbiology and Biology of Water. En K. M. Malcolm J. Brandt, *Twort's Water Supply (Seventh Edition)* (págs. 235-321). Butterworth-Heinemann.
- CDC U.S. Department of Health and Human Services. (28 de 12 de 2021). *Centers for Disease Control and Prevention*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/communication/ecoli-and-food-safety.html>
- Concejo Nacional de Política Económica y Social, Departamento Nacional de Planeacion. (2008,24 de noviembre). *Documento Conpes 3550, Lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://www.paho.org/col/dmdocuments/CONPES%203550.pdf>
- Empopamplona. (8 de 10 de 2021). *EMPOPAMPLONA S.A.E.S.P.* Obtenido de <https://www.empopamplona.com.co/institucional/resenahistorica>
- EMPOPAMPLONA S.A E.S.P. (2001). Análisis de color verdadero. Pamplona.
- EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P. (10 de 10 de 2021). *Empopamplona S.A. E.S.P.* Obtenido de <https://www.empopamplona.com.co/institucional/resenahistorica/>
- Geldreich, E. (2002). Control de calidad microbiológica en los sistemas de distribución. En L. Mark, *Calidad y tratamiento del agua* (págs. 1159- 1190). Madrid: McGraw Hill.
- Global Health, Division of Parasitic Diseases and Malaria. (18 de 10 de 2016). *Centros para el control y la Prevención de Enfermedades*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/parasites/es/water.html>

- Gonzales. (2010). *El acceso al agua potable como derecho humano*. Madrid, España: ECU, Club Universitario.
- Gonzales, J. (2011). *Manual de métodos fisicoquímicos básicos para el análisis de agua para consumo humano*. Bogotá D.C: Instituto Nacional de Salud.
- J.K. Ondieki, D. A. (2021). *Bacteriological and physico-chemical quality of household drinking water in Kisii Town, Kisii County, Kenya*. Heliyon. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06937>.
- Kiely, G. (2003). Ingeniería Ambiental. *Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. MC Graw Hill.
- Lettermann, R. (2002). Coagulación y Filtración. En R. Lettermann, *Calidad y tratamiento del agua* (págs. 297-362). Chicago: McGraw Hill.
- Loáicigab, O. B.-H. (2021). Calidad del agua, higiene y salud. En O. B.-H. Loáicigab, *Economical, Political, and Social Issues in Water Resources* (págs. 217-257). California: ELSEVIER.
- Mekuria, e. M., Kassegne, A. B., & Asfaw., S. L. (2021). Assessing pollution profiles along Little Akaki River receiving municipal and industrial wastewaters, Central Ethiopia: implications for environmental and public health safety. *Heliyon*, e07526. Obtenido de (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021016297>)
- Merck . (30 de 11 de 2021). *Merck Millipore*. Obtenido de merckmillipore.com/chromocult
- Merk KGaA. (30 de 12 de 2019). *Millipore Sigma Aldrich*. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/mrk-rebrand-105463-1906-mk.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2008, 05 de marzo). *Resolución número 811*. Bogotá: Ministerio de la Protección Social. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/0811-%202008.pdf>
- Ministerio de la Protección Social . (2009, 16 de enero). *Resolución número 00082* . Bogotá.
- Ministerio de la Protección Social. (22 de 06 de 2007). Resolución 2115 de 2007. **MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL**. Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de la Protección Social. (2007, 09 de mayo). **DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007 Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para consumo humano**. Bogotá D.C: Ministerio de la Protección Social. Obtenido de <https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Decreto-1575-de-2007.pdf>
- Ministerio de la Protección Social, Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 22 de junio). *Resolución número 22 de Junio de 2007*. Bogotá. Obtenido de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resoluci%C3%B3n_2115_de_2007.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social; Instituto Nacional de Salud. (2020). *Informe Nacional de Calidad de Agua para Consumo Humano INCA 2019*. Bogotá D.C.

- MINISTRO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL Y MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL . (2010, 18 de noviembre). *Resolución 4716 de 2010*. Bogotá.
- Nava Gerardo; Guzman Blanca. (2016). *Enfermedades Vehiculizadas por Agua (EVA) e Índice de Riesgo de calidad de Agua (IRCA) en Colombia 2015*. Bogotá D.C: Instituto Nacional de Salud.
- Navarro, M. O. (2017). *Determinación de Escherichia coli y coliformes totales en agua por el metodo de filtración por membrana en agar Chromocult*. Bogotá D.C: IDEAM.
- OMS. (2017). *Directrices para la calidad del agua potable: Cuarta Edición*. Ginebra: Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK442376/>.
- Passalacqua, N., & Cabrera, J. (2014). *Análisis Microbiológico de los alimentos*. Córdoba, Argentina: Renaloea.
- Pérez, L. E. (2016). *Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica*. Argentina: Scielo.
- Ratnayaka, M. J. (2009). Capitulo 6: Química, Microbiología y Biología del Agua. En M. J. Don D. Ratnayaka, *Suministro de Agua (Sixth Edition)* (págs. 195-266). Butterworth-Heinemann.
- Romero, J. (2005). *Calidad del Agua*. Bogotá D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Shmeis, R. M. (2018). Chapter One - Water Chemistry and Microbiology. En S. B. Dotse Selali Chormey, *Comprehensive Analytical Chemistry* (Vol. 81, págs. 1-56). Elsevier.
- Srivastav, A. L., & Kaur, T. (2020). Factors affecting the formation of disinfection by-products in drinking water: human health risk. En M. N. Prasad, *Disinfection By-products in Drinking Water*, (págs. 433-450). Butterworth-Heinemann.
- Subdirección Red Nacional de Laboratorios. (2011). *Manual de Instrucciones para la Toma, Preservación y Transporte de Muestras de Agua de Consumo Humano para Análisis de Laboratorio*. Bogotá.
- Troller, J. A. (1993). CHAPTER 20- Water Sanitation. En J. A. Troller, *In Food Science and Technology, Sanitation in Food Processing (Second Edition)*, (págs. 393-414). Academic Press,.
- WHO. (14 de junio de 2019). *Organización mundial de la salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

11. ANEXOS

ANEXO A.1. DETERMINACIÓN DEL % IRCA

Parámetro y puntaje de riesgo para el cálculo del IRCA:

CARACTERÍSTICA	PUNTAJE DE RIESGO
Color aparente	6
Turbiedad	15
pH	1.5
Cloro residual libre	15
Alcalinidad total	1
Dureza total	1
Cloruros	1
Coliformes totales	15
<i>Escherichia coli</i>	25
Sumatoria de puntajes asignados	80,5

IRCA por muestra:

$$A. \text{ IRCA}(\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

IRCA mensual:

$$\text{IRCA}(\%) = \frac{\Sigma \text{ de los IRCAs obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}}$$

ANEXO A.2. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 – 100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 – 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 – 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 – 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115, 2007

ANEXO C. FOTOGRAFÍAS

B.1



Imagen 3: Puntos de muestreo de la red de distribución dispuestos en el municipio de pamplona. Fuente: Laboratorio de control de calidad de agua potable. Empopamplona S.A.E.S.P

ANEXO B.2

Tabla: Equipos del laboratorio de control de Calidad para realizar las pruebas fisicoquímicas.

FORMATO HOJA DE VIDA DE LOS EQUIPOS LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD PLANTA CARIONGO		
NOMBRE DEL EQUIPO: Hach pocket colorimeter ii		
IMAGEN	INFORMACION GENERAL	
	Marca	HACH
	Modelo	pocket colorimeter II
	Serial	16080E307004
	Proveedor	HACH
	Tipo de medición	Color
NOMBRE DEL EQUIPO: Hach pocket colorimeter ii		
IMAGEN	INFORMACION GENERAL	
	Marca	HACH
	Modelo	DR300
	Serial	19030A002686
	Proveedor	HACH
	Tipo de medición	Cloro

NOMBRE DEL EQUIPO: CONDUCTIMETRO

IMAGEN	INFORMACION GENERAL	
	Marca	HACH
	Modelo	sension5
	Serial	09010c151272
	Proveedor	HACH
	Tipo de medición	Conductividad

NOMBRE DEL EQUIPO: PHMETRO

IMAGEN	INFORMACION GENERAL	
	Marca	HACH
	Modelo	PHMETRO
	Serial	10120049286
	Proveedor	HACH
	Tipo de medición	Ph

NOMBRE DEL EQUIPO: Turbidímetro		
IMAGEN	INFORMACION GENERAL	
		Marca
Modelo		Turbidímetro
Serial		16040C049148
Proveedor		HACH
Tipo de medición		Turbidez

NOMBRE DEL EQUIPO: Buretas digitales III		
		
	Serial	11z2929-11z2933
	Marca	BRAND
	PROVEEDOR	BRAND - ALEMANIA
	USO	Realizar Alcalinidad y dureza

C.3

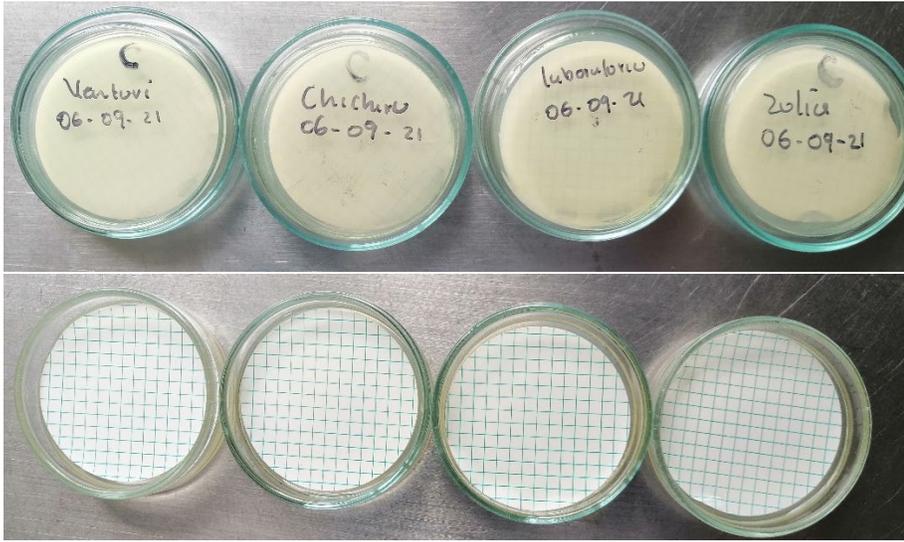


Imagen 4: Cajas de Petri sin crecimiento microbiano en agar Chromocult de cuatro puntos de la red de distribución.

C.4



Imagen 5: fotografías de los lugares de muestreo de las etapas del proceso de tratamiento. E: entrada a la planta, SS: Salida sedimentador (S: sedimentador), SF: Salida filtración.

ANEXO D

RESULTADOS TOTALES MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS

TABLA 11: RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y %IRCA MES DE AGOSTO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	HORA DE TOMA DE MUESTRA	SITIO DE LA MUESTRA	COLOR APARENTE (UPC)	TURBIEDAD (UNT)	pH	COLOR RESIDUAL (ppm Cl)	DUREZA TOTAL (ppm CaCO ₃)	CLORUROS (ppm Fe)	ALCALINIDAD (ppm CaCO ₃)	CONDUCTIVIDAD	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 mL)	ESCHERICHIA COLI (UFC/100 mL)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/100 mL)	RESULTADOS DEL IRCA POR MUESTRA
NORMA (RES 2115/2007)			≤ 15 UPC	≤ 2 UNT	6,5- 9,0	0,3 - 2,0	Max 160	Max 250	Max 100	Max 1000	0	0	> 100	≤ 5 %
PUNTAJE IRCA			6,00	15,00	1,50	15,0	1,0	1,00	1,0		15	25		
02/08/2021	8:42	P 019	1,50	0,65	6,90	1,5	20,6	10,50	27,4	63,1	0	0	8	0,00%
02/08/2021	8:53	P 009	6,90	1,36	6,90	1,6	27,1	10,50	28,6	63,1	0	0	7	0,00%
02/08/2021	9:43	P 001	2,70	0,55	6,90	1,5	21,0	12,25	25,1	62,9	0	0	12	0,00%
02/08/2021	9:30	LABORATORIO	3,20	0,82	6,89	1,2	21,8	12,25	24,3	43,4	0	0		0,00%
02/08/2021	9:46	P 004	2,40	0,53	6,89	1,3	20,2	10,50	27,6	63,4				0,00%
03/08/2021	8:29	P 001	6,50	0,6	6,89		22,9	8,75	20,1	53,7				0,00%
03/08/2021	8:34	P 004	9,00	0,92	6,89		25,3	7,87	19,7	56,7	0	0	0	0,00%
03/08/2021	9:05	P 017	8,00	0,84	6,90	0,5	24,2	8,75	25,6	43,6	0	0	8	0,00%
03/08/2021	8:47	P 018	7,00	3,06	6,82	0,1	21,1	8,75	20,8	37,4	0	0	42	37,27%
04/08/2021	8:39	P 002	8,50	1,01	6,90	0,8	22,0	7,00	21,6	54,2	0	0	13	0,00%
04/08/2021	8:36	P 005	8,70	0,89	6,89	1,2	26,0	8,75	20,40	54,1	0	0	25	0,00%

04/08/2021	8:48	LABORATORIO	20,20	1,35	6,89		24,0	9,62	17,8	35,7	0	0	25	9,16%
04/08/2021	8:35	P 001	8,10	0,95	6,89		25,2	7,00	21,3	54,4	0	0	14	0,00%
04/08/2021	8:39	P 004	8,30	0,89	6,89		27,3	7,87	20,5	53,8				0,00%
05/08/2021	8:38	LABORATORIO	17,26	0,88	6,89		22,1	10,50	22,0	41,5				23,53%
05/08/2021	8:00	P 007	14,72	0,73	6,88	0,8	23,4	10,50	23,1	59,7	0	0	2	0,00%
05/08/2021	8:37	P 001	14,07	0,72	6,89		24,0	8,75	23,2	58,4				0,00%
05/08/2021	8:39	P 004	13,86	0,55	6,88		23,2	9,62	22,1	58,1	0	0	1	0,00%
06/08/2021	8:09	LABORATORIO	16,63	0,19	6,88	1,4	25,6	5,25	22,5	42,0				14,81%
06/08/2021	8:13	P 001	14,45	1,22	6,88	1,5	25,4	7,87	29,5	61,5				0,00%
06/08/2021	8:17	P 004	8,75	0,44	6,89	1,6	26,9	8,75	25,8	61,9				0,00%
09/08/2021	8:14	LABORATORIO	19,70	1,06	6,86	1,5	26,2	8,75	30,4	43,1	0	0		7,45%
09/08/2021	8:27	P 001	10,15	0,37	6,86	1,1	26,5	7	27,4	58,3	0	0	0	0,00%
09/08/2021	8:30	P 004	6,48	0,35	6,86	0,6	24,1	7	28,8	58,2				0,00%
10/08/2021	8:13	LABORATORIO	0,66	0,28	6,84		18,9	6,12	21,6	43,5				0,00%
10/08/2021	8:21	P 001	10,61	0,44	6,84		23,6	7,87	24,7	62,2				0,00%
10/08/2021	8:24	P 004	8,84	0,4	6,85		25,6	8,75	24,9	62,0	0	0	0	0,00%
11/08/2021	8:24	LABORATORIO	7,34	0,34	6,85		22,7	8,75	24,8	43,7	0	0	0	0,00%
11/08/2021	8:31	P 001	10,54	0,56	6,85		20,5	8,75	25,6	61,5				0,00%
11/08/2021	8:35	P 004	10,61	0,55	6,85		24,0	7,00	26,0	62,6				0,00%
12/08/2021	8:15	LABORATORIO	8,87	0,64	6,83		18,0	5,25	21,4	43,9				0,00%
12/08/2021	8:19	P 001	3,35	0,26	6,83		24,6	7,00	25,4	62,2				0,00%
12/08/2021	8:22	P 004	0,86	0,25	6,83		25,0	7,00	26,0	63,5	0	0	0	0,00%

13/08/2021	8:20	P 001	7,97	0,53	6,84	1,7	22,8	6,12	25,2	61,9				0,00%
13/08/2021	8:23	P 004	6,05	0,51	6,84	1,8	21,9	7,00	25,5	62,8				0,00%
13/08/2021	8:15	LABORATORIO	14,50	1,02	6,84	1,2	18,8	6,12	20,6	44,7				0,00%
17/08/2021	8:01	P 022	14,51	0,93	6,83	0,3	19,6	7,00	20,0	43,0	0	0	0	0,00%
17/08/2021	8:14	P 008	6,29	0,46	6,83	1,9	18,3	8,75	22,8	57,8	0	0	0	0,00%
17/08/2021	8:56	P 001	9,38	0,62	6,83	1,9	21	8,75	21,6	55,7				0,00%
17/08/2021	9:02	P 004	3,85	0,52	6,83	1,9	29,6	8,75	26,3	56,8	0	0	0	0,00%
17/08/2021	8:51	LABORATORIO	18,90	0,91	6,83	1,3	20,4	7,00	23,9	43,7				14,81%
18/08/2021	8:28	P 001	14,90	0,58	6,82		21,4	7,00	22,4	56,6	0	0	0	0,00%
18/08/2021	8:31	P 004	14,04	0,65	6,82		20,0	7,00	24,0	57,6				0,00%
18/08/2021	8:15	LABORATORIO	14,86	0,76	6,82		24,6	6,12	21,2	44	0	0	0	0,00%
18/08/2021	8:15	P 006	16,77	0,66	6,83	0,8	23,1	8,75	22,0	57,2	0	0	0	7,45%
18/08/2021	9:00	P 021	15,26	0,86	6,83	1,3	18,3	10,5	25,0	44,2	0	0	0	7,45%
19/08/2021	8:17	LABORATORIO	12,90	0,83	6,81		22,6	7,00	23,2	44,2				0,00%
19/08/2021	8:27	P 001	8,20	0,56	6,81		24,9	7,00	24,9	58,3				0,00%
19/08/2021	8:31	P 004	5,00	0,74	6,81		22,1	6,21	23,4	53,3	0	0	0	0,00%
19/08/2021	10:02	P 014	15,40	0,96	6,80	1,2	19,9	7,00	20,4	44,6	0	0	0	7,45%
19/08/2021	10:16	P 015	15,40	0,79	6,80	0,9	20,4	7,00	23,7	44,7	0	0	0	7,45%
20/08/2021	8:20	P 001	15,40	0,47	6,80	0,7	20,5	7,00	21,0	53,0				14,81%
20/08/2021	8:24	P 004	12,60	0,56	6,80	1,2	19,3	8,75	21,2	54,8				0,00%
20/08/2021	8:11	LABORATORIO	16,60	1,01	6,80	1,1	21,1	5,26	23,5	42,8				14,81%
23/08/2021	8:14	P 001	7,16	0,29	6,78	1,6	25,4	6,12	25,0	62,9	0	0		0,00%

23/08/2021	8,23	P 004	4,09	0,28	6,78	1,8	24,8	8,75	25,2	63,3				0,00%
23/08/2021	8:10	LABORATORIO	5,09	0,3	6,78	1,3	21,5	8,75	21,7	44,2	0	0		0,00%
24/08/2021	8:26	LABORATORIO	3,65	0,46	6,76		20,5	5,25	21,2	45,0				0,00%
24/08/2021	8:49	P 001	10,70	0,72	6,76		23,2	7,00	24,6	67,2				0,00%
24/08/2021	8:50	P 004	14,70	1,08	6,77		24,9	7,87	24,6	67,2	0	0		0,00%
25/08/2021	8:23	LABORATORIO	24,00	1,22	6,77		21,8	6,12	20,6	41,9	0	0		9,16%
25/08/2021	8:42	P 001	12,20	0,61	6,77		21,9	8,75	22,3	61,3	0	0		0,00%
25/08/2021	8:44	P 004	9,79	0,54	6,77		21,9	9,62	21,1	60,9				0,00%
26/08/2021	8:44	P 004	13,30	0,63	6,78		26,8	8,75	26,0	64,9	0	0		0,00%
26/08/2021	8:39	P 001	10,30	0,48	6,76		25,9	10,5	27,2	60,3				0,00%
26/08/2021	8:30	LABORATORIO	14,70	0,91	6,76		27,1	7,00	24	44,7				0,00%
26/08/2021	8:39	P 010	14,10	0,92	6,76	1,5	20,6	7,00	24,0	44,6	0	0		0,00%
27/08/2021	8:31	LABORATORIO	8,90	1,25	6,75	1,8	18,3	6,12	22,4	45,0				0,00%
27/08/2021	8:35	P 001	10,70	0,52	6,76	1,6	26,0	7,00	23,6	61,6				0,00%
27/08/2021	8:40	P 004	3,00	0,66	6,72	1,8	21,0	6,12	24,0	61,7				0,00%
30/08/2021	8:14	LABORATORIO	4,16	0,35	6,75	0,3	22,8	8,75	25,6	45,4				0,00%
30/08/2021	8:25	P 001	10,15	0,39	6,75	0,3	24,6	9,62	26,7	64,5				0,00%
30/08/2021	8:28	P 004	3,47	0,32	6,75	0,2	27,3	7	25,5	67,0	0	0		18,63%
30/08/2021	8:50	P 011	8,82	0,51	6,75	0,2	26	7,87	22	45,7				0,00%
30/08/2021	9:14	P 013	5,60	0,58	6,75	0,2	22,9	6,12	23,4	45,4	0	0		18,63%
31/08/2021	8:11	LABORATORIO	46,77	3,32	6,74		14,6	8,75	15,5	31,3				26,25%
31/08/2021	8:20	P 001	5,78	0,67	6,74		14,4	8,75	21,1	54,0				0,00%

31/08/2021	8:24	P 004	5,60	0,63	6,74		14,2	8,75	19,3	50,1	0	0		0,00%
------------	------	-------	------	------	------	--	------	------	------	------	---	---	--	-------

TABLA 12. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y %IRCA MES DE SEPTIEMBRE

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	HORA DE TOMA DE MUESTRA	SITIO DE LA MUESTRA	COLOR APARENTE (UPC)	TURBIEDAD (UNT)	pH	CLORO RESIDUAL (ppm Cl)	DUREZA TOTAL (ppm CaCO ₃)	CLORUROS (ppm Fe)	ALCALINIDAD (ppm CaCO ₃)	CONDUCTIVIDAD	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 mL)	ESCHERICHIA COLI (UFC/100 mL)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/100 mL)	RESULTADOS DEL IRCA POR MUESTRA
NORMA (RES 2115/2007)			≤ 15 UPC	≤ 2 UNT	6,5- 9,0	0,3 - 2,0	Max 160	Max 250	Max 100	Max 1000	0	0	> 100	≤ 5 %
PUNTAJE IRCA			6,0	15,00	1,50	15,0	1,0	1,00	1,0		15	25		
01/09/2021	7:14	LABORATORIO	14,4	0,96	6,75		22,3	8,75	23,3	42,5	0	0		0,00%
01/09/2021	7:18	P 004	3,5	0,49	6,74		21,8	8,75	23,3	55,7				0,00%
01/09/2021	7:21	P 001	1,4	0,53	6,74		23,7	8,75	24,0	56,3	0	0		0,00%
01/09/2021	7:58	P 012	7,6	0,79	6,75	0,1	21,7	9,62	23,1	41,6	0	0		18,63%
01/09/2021	8:04	P 016	8,0	0,86	6,74	0,3	21,4	9,62	21,7	41,3	0	0		0,00%
02/09/2021	8:03	LABORATORIO	8,96	0,67	6,75		20,2	5,25	21,3	44				0,00%
02/09/2021	8:27	P 001	5,30	0,47	6,75		23,2	7,00	23,0	59,7				0,00%
02/09/2021	8:32	P 004	2,23	0,48	6,75		21,2	7,00	23,1	60,3	0	0		0,00%

02/09/2021	8:26	P 002	5,46	0,50	6,75	0,9	21,8	7,87	22,5	60,4	0	0	0,00%
02/09/2021	8:26	P 005	5,12	0,77	6,75	1,6	24,4	7,00	24,8	61,5	0	0	0,00%
03/09/2021	8:14	LABORATORIO	4,8	0,39	6,75	1,6	26	5,25	22,7	44,4			0,00%
03/09/2021	8:20	P 001	12,8	0,8	6,75	1,6	24,4	8,75	25,1	63,9			0,00%
03/09/2021	8:22	P 004	11,3	0,66	6,75	1,6	26,2	8,75	24,6	64,1			0,00%
06/09/2021	8:19	P 001	12,7	0,66	6,73	1,7	21,3	7,87	21,1	57	0	0	0,00%
06/09/2021	8:19	P 004	1,9	0,49	6,73	1,9	21,0	8,75	21,5	57,6			0,00%
06/09/2021	8:22	LABORATORIO	5,55	0,37	6,74	1,6	20,6	7,87	21,5	44,3			0,00%
06/09/2021	9:32	P 006	5,70	0,65	6,73	0,3	22,6	7,87	24,2	44,3	0	0	0,00%
06/09/2021	9:36	P 021	8,08	0,45	6,73	0,2	22,6	5,25	20,0	45,1	0	0	18,63%
07/09/2021	8:31	P 001	12,7	0,93	6,72		17,7	6,12	16,1	50,3			0,00%
07/09/2021	8:37	P 004	15	0,97	6,72		17,7	7,00	14,8	49,1			0,00%
07/09/2021	8:33	P 008	14,5	0,95	6,72	0,5	16,9	9,62	15,4	49,7	0	0	0,00%
07/09/2021	8:25	P 022	13,7	1,42	6,72	0,2	16,8	6,12	20,4	43,5	0	0	18,63%
08/09/2021	8:10	P 019	2,05	0,55	6,71	1,1	21,1	7,00	21,4	55,6	0	0	0,00%
08/09/2021	8:17	P 009	33,4	3,12	6,71	1,0	21,1	7,87	22,1	56,2	0	0	26,09%
08/09/2021	8:32	LABORATORIO	12,1	1,01	6,71		20,6	8,75	20,6	41,3	0	0	0,00%
08/09/2021	8:40	P 001	3,95	0,71	6,59		20,9	7,87	20,9	56,2	0	0	0,00%
08/09/2021	8:43	P 004	3,25	0,6	6,69		21,0	7,00	21,0	56,5			0,00%
09/09/2021	8:23	P 001	8,45	0,45	6,71		22,9	7,87	22,3	55,7			0,00%
09/09/2021	8:27	P 004	2,24	0,42	6,71		21,4	7,00	21,8	56,3			0,00%

09/09/2021	8:16	LABORATORIO	6,22	0,64	6,71		19,8	8,75	21,5	43,1				0,00%
09/09/2021	8:39	P 017	11,6	1,15	6,72	0,3	17,3	7,00	23,2	41,3	0	0		0,00%
09/09/2021	8:51	P 018	4,41	0,68	6,72	0,4	20,6	7,00	24,9	42,8	0	0		0,00%
10/09/2021	8:08	LABORATORIO	7,43	2,07	6,70	1,3	20,2	8,75	22,4	55,8				37,04%
10/09/2021	8:17	P 001	6,4	1,01	6,71	1,5	19,6	8,75	21,2	62,0				0,00%
10/09/2021	8:13	P 004	3,02	0,80	6,70	2,0	21,9	7,87	20,5	55,8				0,00%
13/09/2021	8:13	LABORATORIO	11,7	0,84	6,72	1,4	26,2	7,87	21,8	42,9	0	0		0,00%
13/09/2021	8:25	P 001	2,6	0,46	6,7	1,0	22,9	8,75	23,5	57,6	0	0		0,00%
13/09/2021	8:28	P 004	5,11	0,49	6,72	1,3	25,0	9,62	23,6	58,9				0,00%
13/09/2021	8:37	P 013	5,65	0,99	6,72	0,6	22,8	8,75	20,7	43,4	0	0		0,00%
13/09/2021	8:17	P 007	2,55	0,52	6,72	0,7	21,8	7,87	24,0	61,2	0	0		0,00%
14/09/2021	8:08	LABORATORIO	13,5	0,88	6,72		21,4	8,75	23,1	44,3				0,00%
14/09/2021	8:12	P 004	11,4	0,85	6,72		23,5	8,75	26,8	59,7				0,00%
14/09/2021	8:15	P 001	10,0	1,01	6,72		22,5	8,75	28,6	61,1				0,00%
15/09/2021	8:01	LABORATORIO	7,56	0,39	6,71		22,7	8,75	22,7	44,3				0,00%
15/09/2021	8:10	P 001	5,97	0,69	6,71		25,9	6,12	24,2	60,7				0,00%
15/09/2021	8:18	P 004	3,37	0,44	6,71		20,6	7,00	20,7	61,3				0,00%
16/09/2021	8:29	LABORATORIO	11,7	0,98	6,70		20	6,12	22,1	44,5				0,00%
16/09/2021	8:35	P 001	1,32	0,42	6,69		23,8	7,00	23,8	62,1				0,00%
16/09/2021	8:38	P 004	0,94	0,44	6,69		22,7	5,25	25,7	63,4				0,00%
17/09/2021	8:58	LABORATORIO	13,6	1,35	6,69		20,7	7,00	22,6	45,0				0,00%

17/09/2021	8:18	P 001	13,2	0,61	6,71		24,8	7,00	24,3	63,4				0,00%
17/09/2021	8:22	P 004	12,1	0,64	6,70		25,7	9,62	26,8	62,9				0,00%
20/09/2021	8:22	LABORATORIO	18,9	0,83	6,70	0,7	17,4	7,00	24,1	45,0				14,81%
20/09/2021	8:30	P 001	10,1	0,45	6,73	0,7	24,7	7,87	26,0	61,6				0,00%
20/09/2021	8:34	P 004	8,30	0,52	6,73	0,6	21,6	8,75	24,6	62,0				0,00%
20/09/2021	10:20	P 011	9,66	0,61	6,72	0,6	23,0	5,25	27,4	45,9	0	0		0,00%
20/09/2021	10:38	P 003	10,5	0,52	6,72	1,1	23,0	7,00	29,0	66,2	0	0		0,00%
21/09/2021	8:30	LABORATORIO	12,3	0,43	6,70		27,9	8,75	29,9	45,4				0,00%
21/09/2021	8:40	P 001	9,79	0,66	6,70		23,0	7,85	23,3	60,0				0,00%
21/09/2021	8:43	P 004	8,98	0,64	6,70		20,7	7,85	31,1	60,3				0,00%
21/09/2021	8:57	P 010	15,2	0,83	6,70		23,3	7,00	26,2	44,4				23,53%
22/09/2021	8:17	LABORATORIO	8,31	0,52	6,69		30,7	7,00	23,8	45,8				0,00%
22/09/2021	8:26	P 001	5,85	0,44	6,72		25,5	6,12	27,2	62,4				0,00%
22/09/2021	8:29	P 004	0,41	0,36	6,72		23,7	6,12	27,3	62,2				0,00%
23/09/2021	8:30	LABORATORIO	9,26	0,78	6,68		31	7,00	24,1	46,0				0,00%
23/09/2021	8:44	P 001	9,4	0,51	6,68		22,5	8,45	25,8	63,0				0,00%
23/09/2021	8:49	P 004	6,98	0,48	6,69		24,4	7,87	26,3	66,4				0,00%
24/09/2021	8:20	LABORATORIO	15,1	1,01	6,70	1,4	23,8	7,00	32,3	45,9				0,00%
24/09/2021	8:34	P 001	5,12	0,55	6,70	1,5	26,4	9,62	25,9	62,3				0,00%
24/09/2021	8:37	P 004	12,4	0,6	6,70	1,9	23,1	7,87	26,3	63,2				0,00%
27/09/2021	8:10	LABORATORIO	13,0	1,31	7,50	1,3	30,5	6,12	24,4	46,7				0,00%

27/09/2021	8:23	P 001	11,8	0,59	7,50	1,4	29,5	7,87	27,2	64,2				0,00%
27/09/2021	8:19	P 004	11,7	0,51	7,44	1,4	27,3	6,12	26,3	64,32				0,00%
27/09/2021	9:50	P 010	12,8	1,46	7,66	1,3	24,1	8,75	27,8	453,2	0	0		0,00%
28/09/2021	8:43	LABORATORIO	11,1	0,38	7,27		26,58	7,00	23,6	47,3				0,00%
28/09/2021	8:51	P 001	8,52	0,47	7,20		27,0	6,12	25,9	65,7				0,00%
28/09/2021	8:48	P 004	3,28	0,35	7,17		30,7	7,87	25,7	65,7				0,00%
29/09/2021	8:28	LABORATORIO	9,71	0,51	7,13		25,3	6,12	23,4	46				0,00%
29/09/2021	8:38	P 001	11,1	0,37	7,2		26,6		23,2	59,8				0,00%
29/09/2021	8:41	P 004	4,39	0,44	7,27		24		23,8	60				0,00%
30/09/2021	8:30	LABORTORIO	17,5	1,51	6,67		23,9	11,37	24,7	45,1				23,53%
30/09/2021	8:40	P 001	6,81	0,97	6,67		28,7	12,25	23,1	60,1				0,00%
30/09/2021	8:44	P 004	4,05	0,73	6,67		25,6	13,12	24,1	62,4				0,00%

TABLA 13. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y %IRCA MES DE OCTUBRE

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	HORA DE TOMA DE MUESTRA	SITIO DE LA MUESTRA	COLOR APARENTE (UPC)	TURBIEDAD (UNT)	pH	CLORO RESIDUAL (ppm Cl)	DUREZA TOTAL (ppm CaCO ₃)	CLORUROS (ppm Fe)	ALCALINIDAD (ppm CaCO ₃)	CONDUCTIVIDAD	COLIFORMES TOTALES (UFC/100 mL)	ESCHERICHIA COLI (UFC/100 mL)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/100 mL)	RESULTADOS DEL IRCA POR MUESTRA
NORMA (RES 2115/2007)			≤ 15 UPC	≤ 2 UNT	6,5-9,0	0,3 - 2,0	Max 160	Max 250	Max 100	Max 1000	0	0	> 100	≤ 5 %
PUNTAJE IRCA			6,00	15,00	1,50	15,0	1,0	1,00	1,0		15	25		
01/10/2021	8:38	LABORATORIO	20,50	1,60	6,76	1,5	29,0	10,50	25,3	45,7				0,00%
01/10/2021	8:33	P 001	8,50	0,54	6,75	1,5	25,6	12,25	25,4	60,9				0,00%
01/10/2021	8:34	P 004	8,20	0,49	6,75	1,9	26	9,62	25,8	61,1				0,00%
04/10/2021	8:34	LABORATORIO	17,00	0,60	6,70	0,4	25,7	13,99	26,7	46,0	0	0		7,45%
04/10/2021	8:42	P 001	15,60	0,54	6,64	1,3	29,3	13,99	27,1	62,2	0	0	3	7,45%
04/10/2021	8:46	P 004	2,40	0,38	6,64	1,8	29,3	13,99	29,7	62,4				0,00%
05/10/2021	8:00	LABORATORIO	14,00	1,08	6,69		26,2	140,5	26,2	65,3				0,00%
05/10/2021	8:16	P 001	13,60	0,90	6,69		30,37	12,25	30,0	46,8				0,00%
05/10/2021	8:18	P 004	12,00	0,82	6,69		31,4	13,99	26,8	65,2	0	0	2	0,00%
05/10/2021	9:00	P 002	4,55	0,87	6,70	0,5	28,9	10,5	28,9	65,6	0	0	16	0,00%
05/10/2021	9:05	P 005	9,25	1,00	6,70	0,9	29,1	11,37	29,7	67,32	0	0	20	0,00%
06/10/2021	8:30	LABORATORIO	1,06	0,55	6,69		28,7	12,25	27,5	46,7				0,00%

06/10/2021	8:43	P 001	0,87	0,55	6,69	1,4	28,4	10,50		65,4	0	0	13	0,00%
06/10/2021	8:46	P 004	3,63	0,66	6,69		29,5	7,00	28,5	65,0	0	0		0,00%
06/10/2021	8:00	P 006	7,76	0,54	6,69	0,3	26	13,99	24,4	47,7	0	0	1	0,00%
06/10/2021	8:39	P 021	1,06	0,47	6,7	0,8	28,6	13,99	29,1	65,0	0	0	1	0,00%
07/10/2021	7:59	LABORATORIO	9,80	0,46	6,70		24,8	13,99	24,8	46,6				0,00%
07/10/2021	8:15	P 001	10,30	0,50	6,72		24,9	10,5	32,2	61,8				0,00%
07/10/2021	8:10	P 004	15,00	0,49	6,71	1,3	24,8	12,25	26	62,3	0	0		0,00%
07/10/2021	8:25	P 022	4,60	0,76	6,72	0,9	23,7	13,99	25,2	61,2	0	0	0	0,00%
07/10/2021	7:45	P 008	9,00	0,6	6,72	2,0	27,1	13,99	27,0	62,2	0	0	2	0,00%
08/10/2021	8:23	LABORATORIO	15,40	0,89	6,70	1,5	28,7	10,5	27,6	47,4				0,00%
08/10/2021	8:24	P 001	7,80	0,42	6,70	1,3	27,6	15,74	29,0	62,9				0,00%
08/10/2021	8:32	P 004	7,60	0,47	6,70	1,3	27,1	10,5	28,6	63,7				0,00%
11/10/2021	8:20	LABORATORIO	11,20	0,71	6,70	1,3	29,9	10,5	21,6	43,3	0	0	26	0,00%
11/10/2021	8:21	P 001	8,46	0,68	6,70	1,6	24,1	11,37	22,6	30,8	0	0	25	0,00%
11/10/2021	8:25	P 004	10,40	0,70	6,70		25,2	12,25	27,2	59,0				0,00%
11/10/2021	9:16	P 009	16,30	2,06	6,69	1,0	27,5	15,7	29,7	59,7	0	0	32	26,09%
11/10/2021	9:25	P 019	14,00	0,73	6,69	1,1	28,0	10,5	26,5	59,5	0	0	30	0,00%
12/10/2021	8:20	LABORATORIO	11,78	0,89	6,70		25,4	12,25	25,9	45,9				0,00%
12/10/2021	8:26	P 004	3,74	0,39	6,70		27,9	10,50	29	60,9	0	0	3	0,00%
12/10/2021	8:32	P 001	3,49	0,44	6,70		32,2	10,50	27,4	60,1				0,00%
12/10/2021	10:13	P 011	9,71	0,83	6,70	0,7	23,0	12,25	23,9	45,2	0	0	3	0,00%

13/10/2021	8:46	P 001	10,40	0,51	6,69	1,5	32,5	9,62	28,0	61,6	0	0	5	0,00%
13/10/2021	8:49	P 004	3,90	0,53	6,69	1,5	28,0	11,37	29,0	61,3				0,00%
13/10/2021	8:34	LABORATORIO	10,09	0,74	6,69		25,0	9,62	28,3	46,5	0	0	25	0,00%
13/10/2021	8:56	P 017	8,58	0,62	6,70	0,7	30,0	11,37	27,5	46,7	0	0	2	0,00%
13/10/2021	8:36	P 018	6,58	0,76	6,70	1,2	29,2	8,70	23,7	46,8	0	0	15	0,00%
14/10/2021	8:43	P 001	12,10	1,05	6,69		30,8	13,99	26,7	61,2				0,00%
14/10/2021	8:47	P 004	6,14	1,08	6,70		27,0	12,25	26,2	62,0	1	0	7	22,90%
14/10/2021	8:32	LABORATORIO	15,80	0,65	6,70	1,4	23,5	13,99	21,7	44,8				14,81%
14/10/2021	7:54	P 007	10,40	0,89	6,70	1,0	26,2	15,74	27,7	63,1	0	0	30	0,00%
15/10/2021	8:20	LABORATORIO	19,50	0,59	6,67		25,8	12,25	26,4	36,3				14,81%
15/10/2021	8:25	P 001	18,80	0,53	6,67	1,6	27,8	11,37	26,0	18,7				14,81%
15/10/2021	8:28	P 004	15,90	0,75	6,69	1,8	30,1	11,37	29,2	62,3				14,81%
19/10/2021	7:57	LABORATORIO	8,09	0,89	6,67	1,2	28,5	10,50	26,8	46,1	0	0	6	0,00%
19/10/2021	8:06	P 001	2,72	0,90	6,68	1,5	25,5	13,99	28	58,3	0	0	7	0,00%
19/10/2021	8:11	P 004	4,83	0,82	6,68	2,0	27,8	15,74	24,4	58,1				0,00%
19/10/2021	11:42	P 022	12,09	0,74	6,69	0,7	29,2	6,12	24,3	45,8	0	0	2	0,00%
20/10/2021	8:00	LABORATORIO	11,42	0,67	6,69		25,8	7,87	20,36	46,6				0,00%
20/10/2021	8:35	P 001	10,41	0,59	6,69		27,4	11,37	24,6	61,8				0,00%
20/10/2021	8:38	P 004	10,56	0,88	6,69		33,8	10,50	25,2	63,0				0,00%
20/10/2021	8:33	P 012	13,70	1,10	6,68	0,6	25,0	7,87	25,0	46,7	0	0	8	0,00%
20/10/2021	8:43	P 016	3,40	0,79	6,69	0,8	26,1	6,12	25,0	45,7	0	0	0	0,00%

21/10/2021	7:57	LABORATORIO	8,95	0,61	7,54	1,6	28,0	12,25	29,5	70,7	0	0	3	0,00%
21/10/2021	8:05	P 001	3,49	0,61	7,60	1,3	28,0	12,25	28,0	67,8	0	0	7	0,00%
21/10/2021	8:07	P 004	8,68	0,52	7,58	1,4	29,3	10,50	25,2	62,7				0,00%
22/10/2021	8:00	LABORATORIO	13,60	0,96	7,60		26,4	8,75	25,1	56,1				0,00%
22/10/2021	8:15	P 001	10,60	0,97	7,37		30,3	10,50	27,9	63,1				0,00%
22/10/2021	8:13	P 004	11,90	0,97	7,66		31	9,62	29,0	64,0				0,00%
25/10/2021	7:30	P 010	13,49	0,79	7,44	1,8	33,4	10,50	28,5	47,7	0	0	12	0,00%
25/10/2021	8:19	LABORATORIO	12,83	0,88	7,73		26,8	7	26,5	48,7				0,00%
25/10/2021	8:25	P 001	8,01	0,69	7,75	1,5	31,8	12,25	28	66,6				0,00%
25/10/2021	8:25	P 004	9,21	0,64	7,75		28,5	10,5	28,3	66,7				0,00%
25/10/2021	11:13	P 003	10,94	1,58	7,70	1,0	28,1	10,5	31,4	48,8	0	0	1	0,00%
26/10/2021	8:05	LABORATORIO	14,82	0,79	7,51		28,31	10,5	26,8	483,7	0	0	12	0,00%
26/10/2021	8:20	P 001	5,03	0,44	7,79		30,1	8,75	28,5	66,7				0,00%
26/10/2021	8:24	P 004	6,80	0,5	7,730,0	1,6	32,3	11,37	30,2	66,7				0,00%
26/10/2021	9:34	P 013	10,36	0,63	7,70	1,1	27	10,5	23,5	66,9	0	0	2	0,00%
26/10/2021	10:04	P 014	6,94	1,71	7,79	1,2	28,3	12,25	25,1	47,2	0	0	2	0,00%
26/10/2021	10:23	P 015	6,85	0,69	7,81	1,1	25,7	12,25	27,9	63,9	0	0	3	0,00%
27/10/2021	8:35	LABORATORIO	2,59	0,52	7,74	1,3	35,0	10,5	26,85	48,2	0	0		0,00%
27/10/2021	8:35	P 001	13,26	1,06	7,66	1,6	30,3	14,87	27,7	20,5	0	0	39	0,00%
27/10/2021	8:32	P 004	18,59	1,70	7,65	1,9	30,4	12,25	31,6	63,6				14,81%
28/10/2021	8:20	LABORATORIO	1,82	0,56	7,77		23,7	12,25	25,6	49,6				0,00%

28/10/2021	8:30	P 001	2,79	1,56	7,65		27,3	10,5	29,3	70,5				0,00%
28/10/2021	8:34	P 004	4,34	1,63	7,63		27,8	12,25	29,6	69,1	0	0	5	0,00%
29/10/2021	8:00	LABORATORIO	4,61	1,19	7,70	1,6	28,9	12,25	24,9	46,0				0,00%
29/10/2021	8:05	P 001	5,16	0,75	7,53	2,0	28,9	12,25	28,7	68,1				0,00%
29/10/2021	8:09	P 004	0,00	0,49	7,53	1,3	30,7	12,25	29,7	64,3				0,00%

TABLA 14. RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y %IRCA MES DE NOVIEMBRE

FECHA DE TOMA DE MUESTRA	HORA DE TOMA DE MUESTRA	SITIO DE LA MUESTRA	COLOR APARENTE (UPC)	TURBIEDAD (UNT)	pH	COLOR RESIDUAL (ppm Cl)	DUREZA TOTAL (ppm CaCO ₃)	CLORUROS (ppm Fe)	ALCALINIDAD (ppm CaCO ₃)	CONDUCTIVIDAD	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI (UFC/100)	AEROBIOS MESOFILOS (UFC/100 mL)	RESULTADOS DEL IRCA POR MUESTRA
NORMA (RES 2115/2007)			≤ 15 UPC	≤ 2 UNT	6,5-9,0	0,3 - 2,0	Max 160	Max 250	Max 100	Max 1000	0	0	> 100	≤ 5 %
PUNTAJE IRCA			6,0	15,00	1,50	15,0	1,0	1,00	1,0		15	25		
02/11/2021	7:58	LABORATORIO	0,3	0,61	7,01	1,4	26,2	13,99	23,7	41,3	0	0	4	0,00%
02/11/2021	8:05	P 012	4,9	0,97	7,41	1,3	26,5	10,50	20,0	64,7	0	0	11	0,00%
02/11/2021	8:10	P 004	4,9	0,93	7,52	1,2	14,5	8,75	30,5	57,0	0	0	7	0,00%
03/11/2021	7:45	LABORATORIO	12,3	1,37	7,49		30,9	13,99	25,1	63,0				0,00%

03/11/2021	7:54	P 001	9,5	0,88	7,59		27,1	12,25	24,7	57,7				0,00%
03/11/2021	7:56	P 004	15,0	1,05	7,66		27,3	10,50	24,4	58,5	0	0	0	0,00%
03/11/2021	9:55	P 005	6,6	0,78	7,48	1,2	29,5	12,3	27,2	62,0	0	0	13	0,00%
03/11/2021	9:59	P 002	7,4	0,83	7,52	1,3	28,3	12,3	23,7	59,0	0	0	6	0,00%
04/11/2021	8:15	LABORATORIO	22,6	2,00	7,50	0,8	25,7	12,25	20,4	40,8	0	0	25	7,45%
04/11/2021	8:30	P 001	0,71	1,07	7,19	1,6	24,2	11,37	20,1	55,3	0	0	7	0,00%
04/11/2021	8:31	P 004	12,6	1,21	7,48	2,0	21,0	13,12	22,5	54,7	0	0	11	0,00%
04/11/2021	8:10	P 006	17,4	1,80	7,29	0,5	24,9	12,25	20,4	56,3	0	0	0	7,45%
04/11/2021	7:30	P 021	11,9	1,01	7,36	1,6	25,9	13,12	23,2	56,6	0	0	11	0,00%
05/11/2021	8:05	LABORATORIO	10,2	1,60	7,23		25,3	15,74	24,6	42,7				0,00%
05/11/2021	8:23	P 001	0,25	0,78	7,61		24,3	12,25	25,2	61,3				0,00%
05/11/2021	8:26	P 004	2,26	0,67	7,50		24,3	12,25	26,3	62,4				0,00%
08/11/2021	7:32	LABORATORIO	10,2	0,76	7,56	1,6	24,0	12,25	28,0	44,5	0	0	8	0,00%
08/11/2021	8:20	P 001	1,8	0,40	7,14	1,2	25,4	11,37	26,3	60,2	0	0	0	0,00%
08/11/2021	8:26	P 004	2,8	0,41	7,56		28,0	10,50	27,1	62,8				0,00%
08/11/2021	8:11	P 009	9,12	1,47	7,20	1,3	30,6	12,25	26,0	60,3	0	0	0	0,00%
08/11/2021	8:24	P 019	1,30	0,41	7,68	0,8	27,2	10,50	26,3	60,8	0	0	3	0,00%
09/11/2021	7:30	LABORATORIO	11,4	0,67	7,63		27,4	11,37	26,3	45,4				0,00%

09/11/2021	7:50	P 001	4,0	0,51	7,38		30,7	12,25	26,5	60,3				0,00%
09/11/2021	7:55	P 004	1,49	0,50	7,33	2,0	28,8	13,99	26,4	60,6	0	0		0,00%
09/11/2021	8:41	P 013	4,56	0,85	7,18	0,7	31,8	13,12	26,8	67,0	0	0		0,00%
09/11/2021	10:14	P 008	5,1	0,65	7,67	1,7	30,3	7,87	30,4	63,7	0	0	15	0,00%
10/11/2021	7:40	LABORATORIO	3,4	0,62	7,68	1,5	24,3	12,25	24,6	44,9				0,00%
10/11/2021	7:47	P 001	2,67	0,26	7,20	1,2	30,1	12,25	28,1	60,7				0,00%
10/11/2021	7:51	P 004	0,24	0,94	7,62		28,9	12,25	24,6	60,4				0,00%
10/11/2021	9:01	P 006	0,0	0,84	7,28	1,4	30,1	10,50	26,1	61,9	0	0	6	0,00%
11/11/2021	7:28	LABORATORIO	0,9	0,86	7,61	1,5	33,1	10,50	28,2	47,8				0,00%
11/11/2021	7:46	P 004	0,6	0,92	7,25		26,4	12,25	28,5	60,6	0	0	13	0,00%
11/11/2021	8:36	P 022	0,35	0,94	7,46	1,3	23,1	10,50	28,1	46,6	0	0	0	0,00%
12/11/2021	8:26	LABORATORIO	12,1	0,94	7,76		24,4	10,50	25,3	45,7	1	0	14	18,63%
12/11/2021	8:30	P 001	1,87	0,72	7,73	1,7	26,9	10,50	28,5	63,9	0	0	1	0,00%
12/11/2021	8:36	P 004	0,0	0,47	7,18	1,7	28,9	10,50	27,0	64,5				0,00%
16/11/2021	7:35	LABORATORIO	0,99	0,86	7,22	1,3	30,6	11,37	24,4	48,5				0,00%
16/11/2021	8:20	P 001	0,26	0,46	7,69	1,4	28,1	13,12	27,2	65,6				0,00%
16/11/2021	8:25	P 004	0,66	0,39	7,10		28,7	13,99	29,7	66,9				0,00%
16/11/2021	8:21	P 018	5,40	0,74	7,39	0,6	30,4	12,25	28,9	68,1	0	0	1	0,00%

16/11/2021	9:30	P 017	7,48	0,70	7,70	0,2	26,3	12,25	24,4	47,6	0	0	0	18,63 %
17/11/2021	7:43	LABORATORIO	9,77	0,90	7,72		23,7	12,25	26,8	46,6				0,00%
17/11/2021	7:52	P 001	3,16	0,94	7,75		26,7	13,99	29,0	65,5				0,00%
17/11/2021	7:52	P 004	3,01	0,79	7,52	1,6	28,8	12,25	31,3	66,9				0,00%
18/11/2021	8:09	LABORATORIO	1,2	0,35	7,65	1,5	25,0	12,25	28,0	46,6	0	0	0	0,00%
18/11/2021	8:20	P 001	15,5	1,71	7,18	1,4	29,4	13,99	28,0	66,7	0	0	3	7,45%
18/11/2021	8:25	P 004	13,1	1,51	7,61		29,4	15,74	29,6	66,8				0,00%
18/11/2021	8:02	P 007	14,1	1,31	7,72	1,0	28,3	10,50	28,8	66,6	0	0	14	0,00%
18/11/2021	8:20	P 010	0,38	0,37	7,65	1,4	25,2	8,75	28,8	46,6	0	0	1	0,00%
19/11/2021	8:15	LABORATORIO	7,13	0,64	7,73		24,3	12,25	26,2	50,0				0,00%
19/11/2021	8:23	P 001	6,33	0,59	7,18		29,4	10,50	31,4	54,5				0,00%
19/11/2021	8:25	P 004	0,28	0,43	7,50	1,3	27,3	10,50	29,6	65,2				0,00%
22/11/2021	7:36	LABORATORIO	11,3	1,26	7,69	1,6	27,5	8,75	26,5	47,2	0	0	4	0,00%
22/11/2021	7:44	P 001	5,4	0,35	7,57	1,6	32,5	10,50	30,5	65,7	0	0	2	0,00%
22/11/2021	7:47	P 004	0,0	0,34	7,71		29,5	10,50	29,2	47,2				0,00%
23/11/2021	8:15	LABORATORIO	11,5	0,82	7,82		28,1	12,25	29,1	48,0				0,00%
23/11/2021	8:30	P 001	4,38	0,54	7,78		29,7	12,25	29,2	67,7				0,00%
23/11/2021	8:35	P 004	0,3	0,50	7,62	1,3	29,1	10,50	29,0	89,5	0	0	4	0,00%

24/01/2021	7:50	LABORATORIO	5,8	0,38	7,25	1,7	21,9	13,99	26,9	47,3	0	0	0	0,00%
24/11/2021	8:15	P 001	0,0	0,62	7,61	1,5	27,0	8,75	28,6	66,3	0	0	4	0,00%
24/11/2021	8:20	P 004	1,79	0,66	7,62		28,4	10,50	29,9	66,9				0,00%
24/11/2021	10:00	P 007	0,0	0,69	7,47	1,6	26,8	10,50	30,3	124,6	0	0	48	0,00%
24/11/2021	2:30	P 016	0,84	0,49	7,49	1,3	24,2	10,30	26,4	72,7	0	0	0	0,00%
24/11/2021	2:43	P 012	5,02	0,46	7,56	1,7	24,2	10,50	28,5	52,1	0	0	0	0,00%
25/11/2021	9:30	LABORATORIO	6,8	0,65	7,59		28,8	8,75	24,7	49,0				0,00%
25/11/2021	9:33	P 001	1,2	0,47	7,52		25,2	10,50	25,2	69,9				0,00%
25/11/2021	9:40	P 004	0,0	0,38	7,51	1,2	28,5	10,50	24,7	69,9	0	0	0	0,00%
26/11/2021	7:30	LABORATORIO	0,1	0,39	7,16	1,5		7,00	24,6	64,5				0,00%
26/11/2021	7:40	P 001	6,6	0,65	7,55	1,4		10,50	28,2	48,5				0,00%
26/11/2021	7:43	P 004	1,0	0,48	7,30			10,50	28,2	118,7				0,00%