

**ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA (IRCA) DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO CARIONGO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

JOSÉ GONZALO RIVERA PABÓN

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENRIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS
ESPECIALIZACION EN SEGURIDAD ALIMENTARIA
PAMPLONA
2022**

**ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA (IRCA) DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO CARIONGO DEL MUNICIPIO DE PAMPLONA**

**EJE DE APLICACIÓN: CALIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS Y DE
AGUA POTABLE**

JOSÉ GONZALO RIVERA PABÓN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en
Seguridad Alimentaria

LILIANA ROJAS CONTRERAS, PhD.
Directora

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS
ESPECIALIZACIÓN EN SEGURIDAD ALIMENTARIA
PAMPLONA
2022**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. MARCO REFERENCIAL	11
3.3 GENEREALIDADES	12
3.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO	14
3.5 DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO	15
3.6 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA	15
3.7 CALIDAD DEL AGUA	15
3.8 ANTECEDENTES	16
3.9 MARCO LEGAL	18
4. OBJETIVOS	19
4.1 OBJETIVO GENERAL	19
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
5. METODOLOGÍA	20
5.1 TIPO DE INVESTIGACION	20
5.2 MUESTREO	20
5.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	22
5.4 ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	22
5.5 ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DEL AGUA (IRCA)	25
6. RESULTADOS	28
6.1 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE	28
7. CALCULO DEL IRCA	36
8. CONCLUSIONES	40
9. RECOMENDACIONES	41
10. GLOSARIO	42
11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	44
12. RECURSOS	45
13. BIBLIOGRAFIA	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de Pamplona con los puntos de muestreo de la planta de tratamiento Cariongo	16
Figura 2. Análisis de porcentajes de aceptabilidad para los resultados Microbiológicos a muestras de agua potable en los meses de agosto a noviembre de 2021.	29
Figura 3. Análisis de color a muestras de agua potable	32
Figura 4. Análisis de turbiedad	32
Figura 5. Análisis de pH	33
Figura 6. Análisis de cloro residual	33
Figura 7. Análisis de dureza	34
Figura 8. Análisis de cloruros	35
Figura 9. Análisis de alcalinidad	35
Figura 10. Análisis de conductividad	36
Figura 11. IRCA mensual	38

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Puntos de muestreo	20
Tabla 2.	Puntaje de riesgo	25
Tabla 3.	Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.	27
Tabla 4.	Resultados de los porcentajes de aceptabilidad en los meses de agosto a noviembre del 2021.	28
Tabla 5.	Resultados de los promedios mensuales de los análisis Físicoquímicos de los meses de agosto a noviembre del 2021.	35
Tabla 6.	Resultados del porcentaje mensual de IRCA de las muestras de agua potable.	37
Tabla 7.	Clasificación del nivel de riesgo (IRCA) del agua tratada en la planta de tratamiento Cariongo.	39

RESUMEN

El agua es uno de los elementos fundamentales del cual depende la vida del planeta. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Al tratar el agua para consumo humano se reduce la fuente de infección y por ende las enfermedades que se transmiten a través del agua.

Con el objeto de proveer agua potable necesaria para las actividades cotidianas como son alimentación, higiene, limpieza y desarrollo de otras labores diarias a toda la población del municipio de Pamplona; las plantas de tratamiento Cariongo y Monteadentro de EMPOPAMPLONA S.A E.S.P. permiten cumplir con esta importante labor.

La empresa garantiza la prestación de un servicio de alta calidad, cumpliendo con los lineamientos establecidos por el Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007 del Ministerio de Protección Social, que establece el sistema para la protección y control de calidad del agua para consumo humano.

La finalidad de este trabajo es determinar el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) de la planta de tratamiento Cariongo del municipio de Pamplona, con el propósito de brindar un soporte para la toma de decisiones que involucren cambios a nivel operativo.

Durante el desarrollo del trabajo se ejecutarán análisis microbiológicos y fisicoquímicos los cuales señalan características, instrumentos básicos y frecuencias establecidos por la normatividad para evaluar la calidad el agua.

Palabras claves: Agua, calidad, fisicoquímicos, IRCA, microbiológicos.

ABSTRACT

Water is one of the fundamental elements on which life on the planet depends on. It has a great influence on the biochemical processes that occur in nature. Treating water for human consumption reduces the source of infection and therefore the diseases that are transmitted through water.

In order to provide drinkable water necessary for daily activities such as food, hygiene, cleaning and carrying out other daily tasks to the entire population of the municipality of Pamplona. The Cariongo and Monteadentro treatment plants of EMPOPAMPLONA S.A E.S.P. allow us to accomplish this important objective.

The company guarantees the provision of a high quality service, complying with the guidelines established by Decree 1575 of May 9, 2007 of the Ministry of Social Protection, which institutes the system for the protection and quality control of water for human consumption.

The purpose of this work is to determine the water quality risk index (WQRI) of the Cariongo treatment plant in the municipality of Pamplona, with the purpose of providing support for decision-making that involves changes at the operational level.

During the development of the work, microbiological and physicochemical analyzes will be carried out, which indicate characteristics, basic instruments and frequencies established by the regulations to evaluate the quality of the water.

KEYWORDS

Microbiological, physicochemical, quality, Water, WQRI

INTRODUCCIÓN

El recurso natural más importante en la actualidad para la vida del planeta es el agua, es la constituyente más esencial para el organismo humano. A través de las diferentes actividades del ser humano cada vez está afectando más al recurso agua en una forma directa o indirectamente en su composición y su cantidad disponible en las fuentes hídricas.

Hay algunas actividades antrópicas tales como la urbanización, la deforestación, la agricultura, entre otras actividades que generan una serie de variaciones sobre la calidad del agua que constituye un interés mutuo del distribuidor y el usuario por cuidar la salud del consumidor, por esta razón para poder distribuir agua potable sin riesgo para el consumo humano se requiere un tratamiento y un posterior análisis del Índice de riesgo de la calidad del agua, eliminando las partículas y organismos que pueden ser dañinos para la salud, se reduce la fuente de infección y por lo tanto las enfermedades que se trasmite a través del agua.

El presente trabajo tiene como finalidad determinar el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) de la planta de tratamiento Cariongo del municipio de Pamplona. La cual suministra el recurso hídrico a la zona céntrica y media de la ciudad de Pamplona, la planta es abastecida por dos fuentes las quebradas el Rosal y Monteadentro. Para determinar el IRCA se realizará un muestreo de los diferentes puntos de distribución, posteriormente se ejecutarán los análisis microbiológicos, fisicoquímicos y por último se calculará el IRCA de esta manera se podrá evaluar los riesgos que pueden dar lugar a la alteración de la calidad del agua.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad el agua para consumo humano es un factor determinante en las condiciones de salud de las poblaciones, sus características pueden favorecer tanto la prevención como la transmisión de agentes que causan enfermedades como: Enfermedad diarreica aguda (EDA), hepatitis A, polio y parasitosis por protozoarios y helmintos, entre estas, amebiasis, giardiasis, cryptosporidiasis y helmintiasis. La diferencia entre prevenir o transmitir este tipo de enfermedades de origen hídrico dependen de varios factores, los principales son: la calidad y la continuidad del servicio de suministro de agua.

Por lo mencionado anteriormente me propongo como pregunta problema ¿Es posible que el análisis del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) de la planta de tratamiento Cariongo del municipio de Pamplona contribuya a garantizar la calidad del agua para consumo humano?

2. JUSTIFICACIÓN

El agua potable tiene una gran repercusión en la salud de las personas, por ello las medidas de control destinadas a mejorar la calidad del agua, proporcionan beneficios significativos en la disminución de enfermedades.

La reglamentación colombiana en el Decreto 1575 del 9 de mayo de 2007 del Ministerio de Protección Social establece que las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano deben realizar una inspección sanitaria de los sistemas de agua para consumo humano tanto en la red de distribución como en la cada uno de los componentes del suministro.

Para garantizar la calidad del agua potable distribuida en el municipio de Pamplona se hace necesario el análisis del índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) y de esta manera evaluar las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas y su aptitud para el consumo humano. Para su cálculo se asigna un puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica establecidos en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social, su valor es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguna de ellas.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 EL AGUA

El agua es un recurso natural indispensable para el ser humano. Forma parte de la vida misma, pues todo ser vivo tiene un alto contenido de ella. El agua está asociada a los orígenes mismos de la vida, es imprescindible para la existencia de ella en el planeta.

Si bien el 71% de la Tierra está cubierta por agua, el 97% de esta es salada, que requiere procesos diferentes y especiales para el consumo humano. El 3% restante corresponde a agua dulce, el 87% de esta se concentra en los casquetes polares y en los glaciares y el porcentaje restante forma parte del ciclo hidrológico del cual el hombre y la naturaleza dependen más estrechamente, es decir el 0,39% del agua que existe en la tierra.¹

3.2 IMPORTANCIA DEL AGUA

El agua, que forma la hidrósfera parte vital del planeta Tierra es una sustancia esencial para que ocurran las reacciones químicas que mantienen la vida y también afecta a la humanidad de muchas otras formas indirectas. Así, modera la temperatura del planeta permite transferir calor para muchos procesos industriales, determina la fertilidad agrícola, ha dado origen a los asentamientos humanos, a las ciudades, a los puertos. La importancia del agua para la existencia y desarrollo de la vida es indudable. Procesos como la fotosíntesis de las plantas, obtención de nutrientes, disolución y expulsión de sustancias tóxicas, reacciones intracelulares, entre otras, requieren de un medio acuoso. Referirse al agua, es tan común y estudiarla parece tan trivial, que no se valoriza la importancia del estudio de sus propiedades y sus consecuencias. Sin embargo, el estudio del medio ambiente que lo componen los seres vivos, el suelo, el agua, el aire, y la energía, no puede dejar de analizar esta vital sustancia.

¹ Arango, M., Alvares, L., Arango, G., Torres, O. y Monsalve, A. (2008). Calidad del agua en las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. Medellín, Colombia. Revista EIA. 9, 121-141.

3.3 GENERALIDADES

3.3.1. Ciclo hidrológico

Es la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa desde la superficie terrestre a la atmosfera, pasando por sus tres estados: liquido, sólido y gaseoso.

En el ciclo hidrológico se distinguen las fases: precipitación, escorrentía, infiltración y evaporación.

Precipitación: Es la caída del agua, en forma líquida o solida desde las nubes en forma de lluvia, nieve o granizo. Es el principal proceso por el cual el agua retorna a la tierra.

Escorrentía: Es el agua de lluvia que corre sobre la superficie del suelo, hacia la corriente de agua más cercana rio, mar, océano, etc.

Infiltración: Es el movimiento descendente del agua desde la superficie de la tierra hacia el suelo o las rocas porosas.

Evaporación: Es el proceso por el cual el agua líquida de los océanos ingresa a la atmosfera, en forma de vapor. Diversos estudios han demostrado que los océanos, mares, lagos y ríos proveen alrededor del 90% de humedad a la atmosfera vía evaporación; el restante 10% proviene de la transpiración de las plantas. ²

3.4 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Una planta de tratamiento es una secuencia de operaciones o procesos unitarios convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos y parcialmente los físicos y químicos presentes en el agua cruda, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas de calidad del agua.

² Romero, J. (2005). Calidad del Agua. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá D.C.

3.4.1 Tipos de plantas de tratamiento

Las plantas de tratamiento se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

3.4.1.1 Planta de filtración rápida completa

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del flóculo (etapa de floculación). La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculantes). El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da pulimento final al agua.

Finalmente se lleva a cabo la desinfección, proceso común a los dos tipos de plantas, las de filtración rápida completa y las de filtración directa. La función principal de este proceso es completar la remoción de microorganismos patógenos que no quedaron retenidos en el filtro y servir de protección contra la contaminación que el agua pueda encontrar en el sistema de distribución.³

3.5 DESCRIPCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO.

Actualmente, EMPOPAMPLONA S.A E.S. P. cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable, que se encargan de proveer agua potable para el municipio de Pamplona en cantidad, calidad y continuidad requerida.

3.5.1 Planta de Tratamiento Cariongo

³ APHA-AWWA-WPCF, 2000. Métodos normalizados para el análisis de agua Potable y Residual. 17 edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España. 1147 págs.

Está ubicada en el barrio Cariongo, al sur de la ciudad. Fue puesta en marcha en el año 1945, lleva un periodo de funcionamiento de 77 años. El tratamiento utilizado en esta planta es de tipo convencional de funcionamiento hidráulico e involucra los procesos de: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

3.6 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

La caracterización del agua tiene como objeto conocer sus atributos físicos, químicos y microbiológicos con el propósito de definir su aptitud para uso humano, agrícola, industrial, recreacional o como recurso asimilatorio de descargas contaminantes. La presentación adecuada de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite visualizar no solo los aspectos relacionados con su composición química y microbiológica sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento.⁴

3.7 CALIDAD EL AGUA

La calidad del agua depende directamente de la utilización que se le vaya a dar y del propósito de dicho uso. Para establecer los criterios de calidad del agua deben medirse las características físicas, químicas y microbiológicas, usando técnicas analíticas adecuadas para cada caso.

Para que los resultados de estas determinaciones sean representativos, es necesario dar mucha importancia a los procesos de muestreo y a las unidades y terminología empleadas. Para una correcta interpretación de los datos obtenidos, los resultados de los análisis deben manejarse estadísticamente, teniendo en cuenta la correlación de iones, los factores que gobiernan el comportamiento de los componentes del agua. El uso de gráficos permite ver las relaciones

⁴ Casas, J. (2011). Manual de métodos fisicoquímicos básicos para el análisis de aguas para consumo humano. Instituto Nacional de Salud. Bogotá D.C.

físicas y químicas entre el agua, las fuentes probables de contaminación o polución y el régimen de calidad.

En cuanto a la calidad microbiológica del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables desde el punto de vista microbiológico, los cuales son establecidos teniendo en cuenta los límites de confianza del 95% para *Escherichia coli*; y Coliformes totales. Dicho porcentaje se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Aceptabilidad} = \frac{\text{Na} \times 100}{\text{NT}}$$

Na = número de muestras Aceptables: (son todas aquellas muestras que cumplen con los estándares de calidad.)

NT= Número total de muestras por mes: Es el total de muestras analizadas y registradas en libro de control por mes.

Cuando el porcentaje de aceptabilidad se encuentra entre el 95% y 100% se considera que el agua es apta para consumo humano; pero si dicho porcentaje es menor del 95 % se considera que el agua no es apta para consumo humano.

La nueva reglamentación Colombiana en el Decreto del Ministerio de Protección Social No. 1575/2007 artículo 13 implementa como un instrumento básico para garantizar la calidad del agua para consumo humano, la aplicación de un "**ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**" (IRCA), que es un indicador que tiene por objeto determinar la calidad del agua suministrada a la población y establecer los niveles de riesgo en salud, cuyo cálculo se efectúa teniendo en cuenta el puntaje de riesgo de las características que tienen reconocido efecto adverso directo e indirecto en la salud humana

Para su cálculo se asigna un puntaje de riesgo a cada característica física, química y microbiológica establecidos en la Resolución del Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial No. 2115 de 2007. Su valor es cero (0) puntos cuando cumple con- los valores aceptables para cada una de las

características y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguna de ellas.⁵

3.8 ANTECEDENTES

El estudio de la calidad del agua se hace con el fin de tomar acciones de vigilancia y control que permitan minimizar el nivel de riesgo en la complejidad y costos de tratamiento del agua para consumo humano (Ruiz *et al.*, 2007).

Los primeros en proponer una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad del agua fueron Horton 1965 y Liebman 1969. Sin embargo, Dinius en 1972 planteó un índice de calidad de agua conformado por nueve variables fisicoquímicas y dos microbiológicas, en la actualidad es uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos. (Ruiz *et al.*, 2007).

La elaboración y aplicabilidad de los índices, es específica para cada región o fuente en particular. En Colombia, los índices de calidad del agua fueron planteados por los autores Rojas (1991), Behar *et al.* (1997).

Antioquia es el departamento pionero en la aplicación y publicación de investigaciones donde se prioriza el uso de las metodologías de los índices de calidad del agua. Este es el caso específico del trabajo realizado en la quebrada La Ayurá, ubicado en el municipio de Envigado, el cual tuvo como objetivo principal evaluar la calidad del agua mediante el uso de variables microbiológicas y fisicoquímicas, seguidamente, la estimación de los índices de calidad del agua. De este modo, tuvieron como resultados que en la estación 1 se presenta un agua de buena calidad y en las estaciones 2 y 3 un deterioro medio de la calidad del agua (González *et al.*, 2013).

A nivel nacional, se han llevado a cabo algunos estudios de caracterización de aguas potables para consumo humano y la evaluación del riesgo microbiológico y fisicoquímico que estas puedan llevar a la población. El Ministerio de Protección Social a través de la dirección de

⁵ Decreto 1575 de 2007. Ministerio de la Protección Social. Mayo 9 de 2007.

Promoción y Prevención y la Subdirección de Ambiente y Salud realizaron el segundo inventario nacional de calidad del agua potable para consumo humano y uso doméstico dando cumplimiento a lo dispuesto en la Ley 142 de 1994. En este inventario se evaluó la calidad de los servicios de acueducto, alcantarillado, recolección y disposición de basuras, excretas y otros factores medioambientales en 643 municipios distribuidos a lo largo y ancho del territorio nacional. No se reportaron datos de ningún municipio del Departamento Norte de Santander sobre la calidad del agua distribuida en esta región.

Refiriéndose a las plantas de tratamiento de EMPOPAMPLONA S.A E.S. P se han llevado a cabo estudios de control de la calidad del agua proveniente de las plantas de tratamiento por estudiantes de pre y postgrados de la Universidad de Pamplona y Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, concluyendo en estos que el tratamiento que recibe el agua en la planta es el adecuado y el agua cumple con todos los parámetros establecidos por el Decreto 475 de 1998 del Ministerio de Salud, y corroborados por los resultados obtenidos en el laboratorio del Instituto Departamental de Salud como ente de vigilancia y control de la calidad del agua.

En la investigación realizada por Ibarra (2016): Evaluación de la calidad y cantidad del agua de la fuente hídrica de la quebrada Monte dentro por medio de los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos, y realizando aforos al tratamiento de agua potable para el consumo humano, se evaluaron análisis fisicoquímicos como: cloro, pH, turbidez, conductibilidad, cloruros, dureza, alcalinidad y microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales de la quebrada Monte dentro. Con base en los resultados obtenidos durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2016 se logró determinar que la calidad del agua potable suministrada por la planta de tratamiento Cariongo es apta para consumo humano.

Vera (2019), evaluó la eficacia de la planta de tratamiento Cariongo por medio de análisis microbiológicos y fisicoquímicos a las fuentes hídricas que la abastecen como el agua final del proceso de potabilización. Al calcular el índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano (IRCA) se determinó que el agua tratada cumple con los parámetros estipulados en la Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Protección Social. Reflejando un eficiente tratamiento de potabilización.

3.9 MARCO LEGAL

Según el Ministerio de Protección Social, la Ley por la cual rigen las normas técnicas de calidad del agua potable es el decreto 1575 de 9 de mayo y la resolución 2115 de 22 de junio de 2007.

Este decreto permite conocer las normas, características físicas, químicas y microbiológicas; instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia que debe tener el agua para consumo humano.

También encontramos la resolución 0811 de 2008 que da los lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en sus áreas de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) de la planta de tratamiento Cariongo del municipio de Pamplona.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua proveniente de la planta de tratamiento Cariongo.
- Establecer el grado de cumplimiento de los parámetros analizados con respecto a la normativa nacional vigente.
- Calcular el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) con los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas.

5. METODOLOGÍA

5.1 Tipo de investigación.

La investigación es básica, de tipo experimental ya que se somete a prueba si el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) garantiza la calidad de agua para consumo humano. Para ello, se realizarán los análisis microbiológicos y fisicoquímicos del agua tratada en la planta

de tratamiento Cariongo durante 4 meses, con los resultados obtenidos se determinará el (IRCA) según lo establecido en la Resolución del Ministerio de Protección Social No. 2115 del 2007. De esta manera, se podrá evaluar los riesgos que pueden dar lugar a la alteración de la calidad del agua.

5.2 Muestreo. Se realizarán visitas de inspección a los puntos de muestreo establecidos por la planta de tratamiento Cariongo, como se evidencia en la Figura 1.

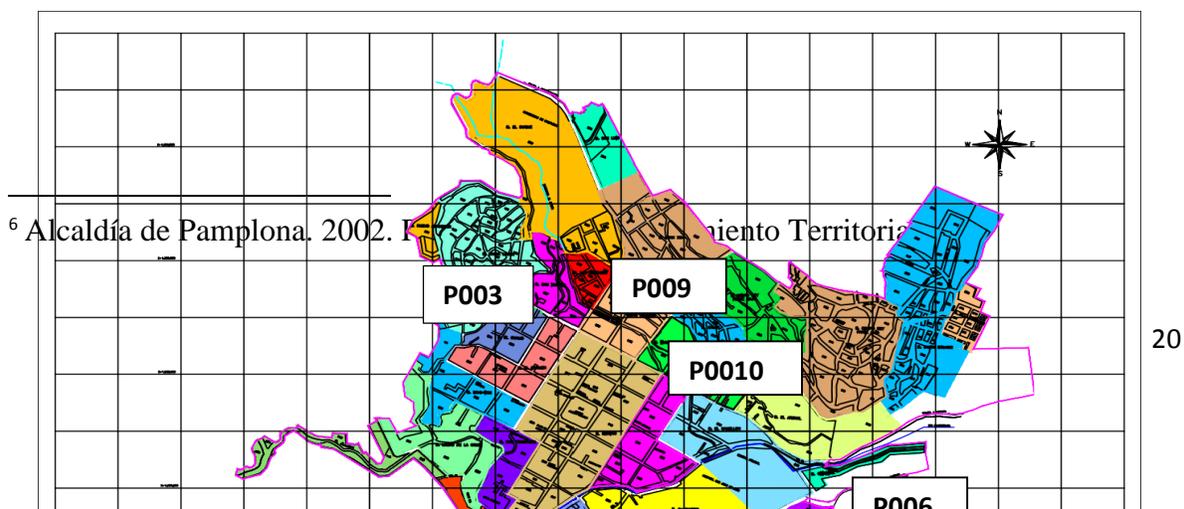
En la Tabla 1 se relacionan los sitios exactos donde se tomarán las muestras de agua en el municipio de Pamplona.

Tabla 1. Puntos de muestreo

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 limita con el barrio el olivo.
P 0008	Salida seminario mayor. Barrio afanador y cadena.
P 0009	Barrio Juan XXIII, junto al centro educativo. Salida a Bucaramanga.
P 0010	Barrio Galán, sector Campo Amor

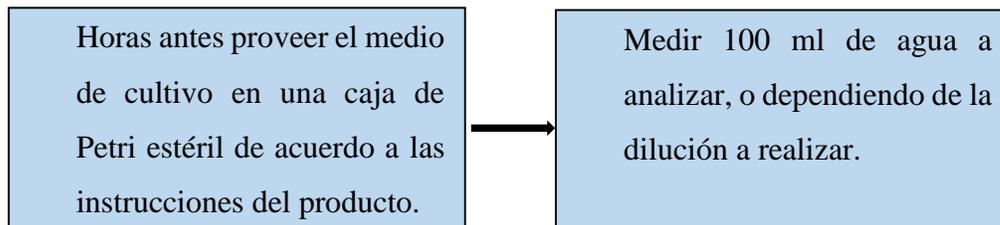
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Mapa de Pamplona con los puntos de muestreo de la planta de tratamiento Cariongo⁶



5.3 Análisis microbiológicos

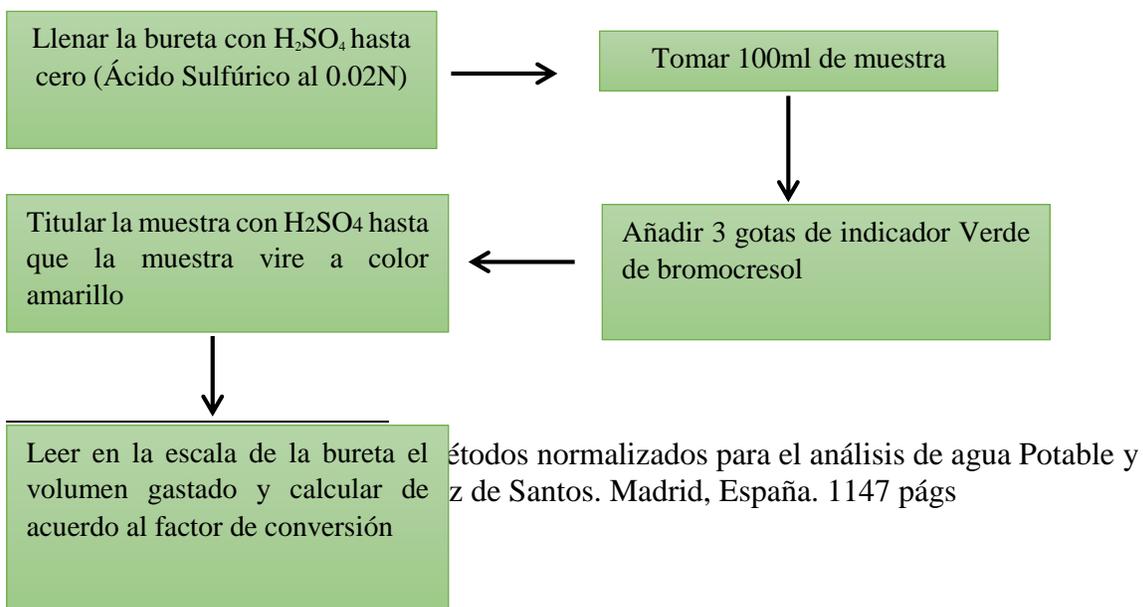
Se llevará a cabo el análisis de las características microbiológicas definidas en la Resolución 2115 del 2007 del Ministerio de Protección Social. Para el análisis microbiológico de las muestras de agua se realizarán: Aerobios mesófilos, Coliformes Totales y *E. coli* mediante la técnica de Filtración por membrana.



5.4 Análisis fisicoquímicos⁷

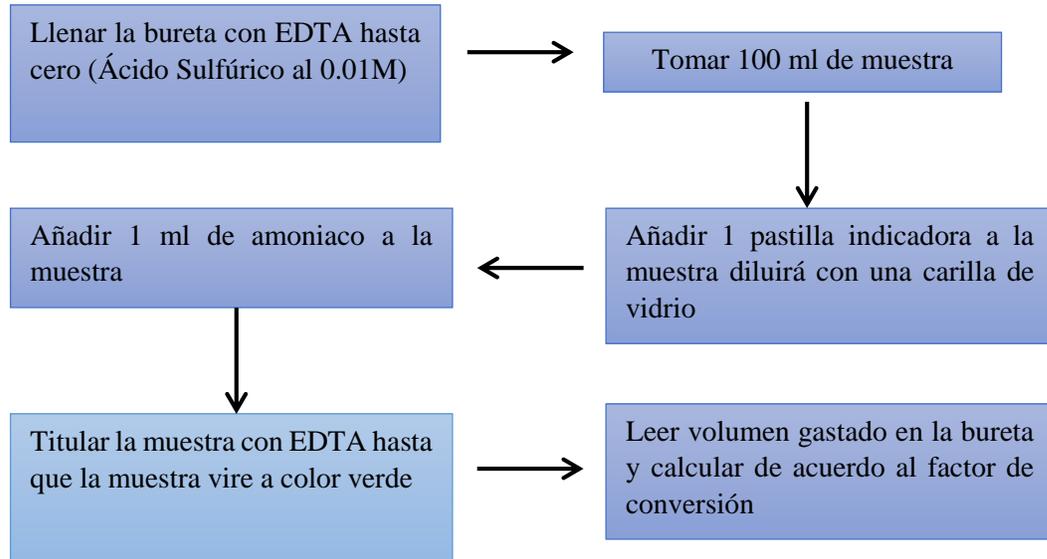
Los análisis fisicoquímicos que se realizarán a las muestras son: Alcalinidad, Dureza, Sulfatos, Hierro, cloruros, cloro residual, turbidez, pH, color y conductividad.

- **ALCALINIDAD (mg CaCO₃/L)**

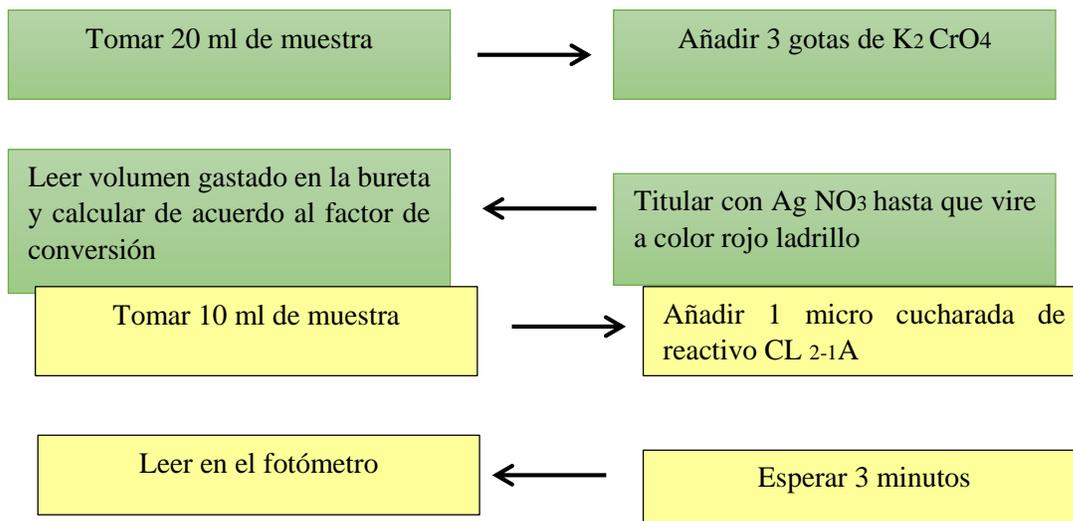


étodos normalizados para el análisis de agua Potable y
z de Santos. Madrid, España. 1147 págs

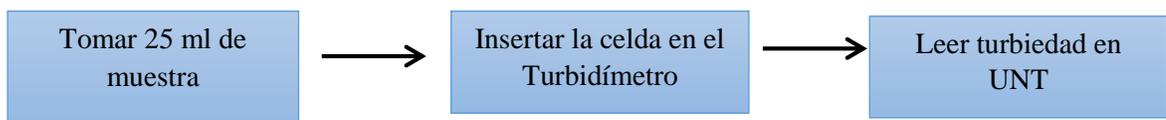
• **DUREZA (mg CaCO₃/L)**



• **CLORUROS (mg/L)**

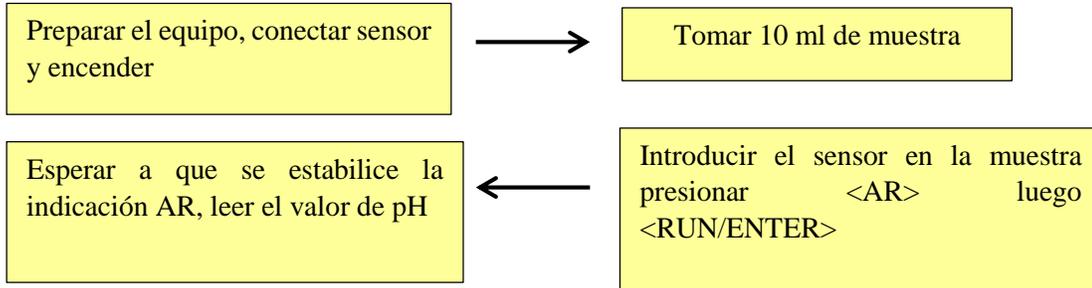


• **TURBIDEZ (UNT)**

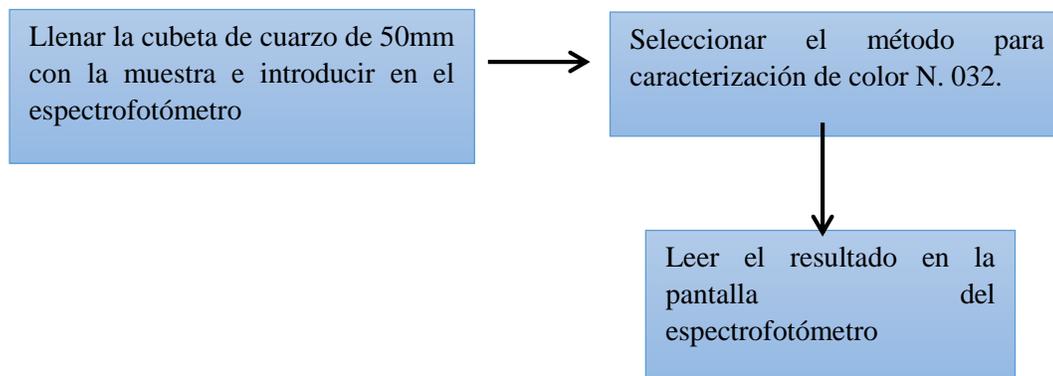


•

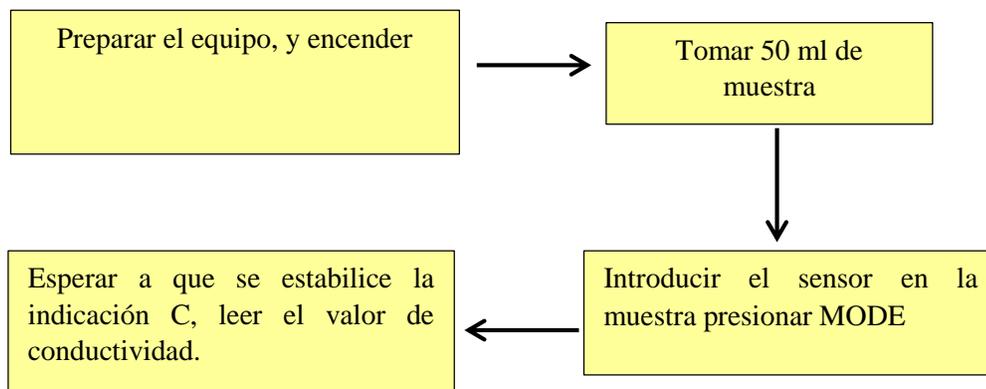
• **pH**



• **COLOR**



• **CONDUCTIVIDAD**



Métodos establecidos por el laboratorio de EMPOPAMPLONA S.A. E.S.

5.5 Índice de riesgo de calidad de agua (IRCA)⁸

Con los reportes de los análisis de laboratorio se analizará el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA), definidas en la Resolución del Ministerio de Protección Social No. 2115 del 2007 en el artículo 13 (Tabla 2).

Tabla 2. Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
COLOR APARENTE	6
TURBIEDAD	15
pH	1,5
COLOR RESIDUAL LIBRE	15
ALCALINIDAD TOTAL	1
CALCIO	1
FOSFATOS	1
MANGANESO	1
MOLIBDENO	1
MAGNESIO	1
ZINC	1
DUREZA TOTAL	1
SULFATOS	1
HIERRO TOTAL	1,5
CLORUROS	1
NITRATOS	1
NITRITOS	3
ALUMINIO (Al ⁺⁺⁺)	3
FLUORUROS	1
COT	3
COLIFORMES TOTALES	15
<i>Escherichia coli</i>	25
SUMATORIA DE PUNTAJES ASIGNADOS	100

Fuente: Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Protección social.

El cálculo del Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano - IRCA, se calculará con la siguiente fórmula:

⁸ Resolución 2115 de 2007. Ministerio de la Protección Social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D. C., 22 de junio de 2007

IRCA por muestra:

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

IRCA mensual:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{de los IRCA obtenidos en cada muestra realizada en el mes}}{\text{Número total de muestras realizadas en el mes}} \times 100$$

El resultado del IRCA mensual se comparará con la Tabla 3, de clasificación y de esta manera de determina el riesgo del agua suministrada.

Tabla 3. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantara 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,	Agua no apta para consumo humano,

		alcalde, Gobernador y a la SSPD.	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 de 2007. Ministerio de Protección Social.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

OBJETIVO 1: Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua proveniente de la planta de tratamiento Cariongo.

6.1.1 CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE

6.1.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

En la tabla 4 se muestran los resultados mensuales de los parámetros microbiológicos, así como su porcentaje de aceptabilidad.

Tabla 4. Resultados de los porcentajes de aceptabilidad en los meses de agosto a noviembre del 2021.

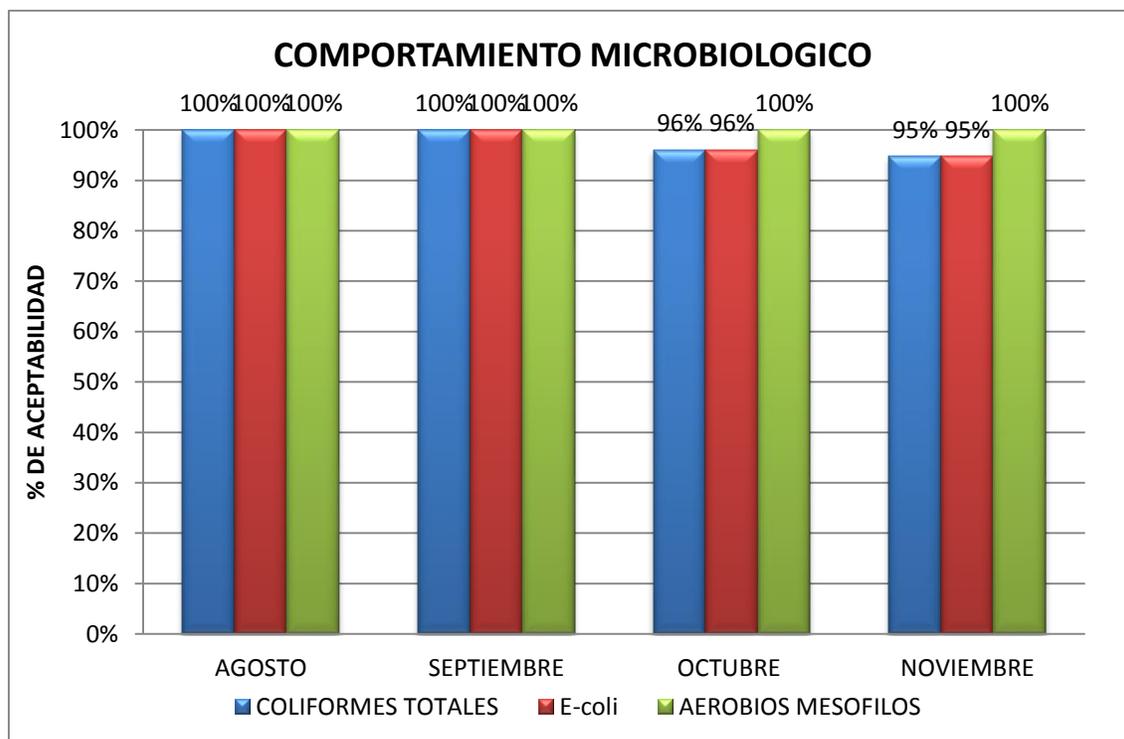
ANÁLISIS MES	COLIFORMES TOTALES			<i>E.coli</i>			AEROBIOS MESÓFILOS		
	MUESTRAS TOTALES	MUESTRAS ACEPT	% ACEPTABILIDAD	MUESTRAS TOTALES	MUESTRAS ACEPT.	% ACEPTABILIDAD	MUESTRAS TOTALES	MUESTRAS ACEPTABLES	% ACEPTABILIDAD
AGOSTO	18	18	100%	18	38	100%	18	18	100%
SEPTIEMBRE	18	18	100%	18	18	100%	18	18	100%
OCTUBRE	25	24	96%	25	24	96%	25	25	100%
NOVIEMBRE	19	18	95%	19	18	95%	19	19	100%

Los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos, manifiestan el buen tratamiento que se le da al agua procesada en las plantas de tratamiento de EMPOPAMPLONA S. A. E.S.P, proporcionando un servicio de excelente calidad y un agua apta para el consumo humano.

En cuanto a los porcentajes de aceptabilidad en la tabla 4 muestran que, en casi todos los meses el porcentaje estuvo dentro del rango (95%), estipulado en la Resolución MPS 2115 de 2007 lo cual nos indica que el agua es apta para el consumo humano.

Con respecto a lo anterior se puede observar con mayor claridad el comportamiento microbiológico tal como lo refleja la figura 2.

Figura 2. Análisis de porcentajes de aceptabilidad para los resultados Microbiológicos a muestras de agua potable en los meses de agosto a noviembre de 2021.



El porcentaje de aceptabilidad con menor rango se presentó en los meses de octubre y noviembre como consecuencia de la temporada de lluvias lo que disminuye el pH afectando la eficiencia del proceso de desinfección.

Los motivos esenciales para no obtener un 100% de aceptabilidad en las muestras analizadas se debe a:

En algunos casos las tuberías se convierten en focos de contaminación por tener algún tipo de fuga o daño adicionando carga microbiana al agua, alterando la calidad de esta.

Los tanques de almacenamiento de algunas residencias se convierten en ambientes propicios para la proliferación de microorganismos, por falta de un buen tratamiento de limpieza y desinfección conduciendo a problemas de salud pública.

La toma correcta de muestras es un punto de partida importante en muchos casos se dificulta esta operación debido a las conexiones intradomiciliarias no son las adecuadas, por ser un material inapropiado, imposibilitando flamearla, convirtiéndose en un punto crítico, difícil de controlar por la empresa.

En los barrios periféricos el cloro residual es muy bajo debido a la distancia que hay entre la planta de tratamiento de EMPOPAMPLONA S. A. E.S.P. y el punto de distribución final permitiendo que los microorganismos se activen y proliferen con facilidad.

6.1.3 ANALISIS FISICOQUÍMICO

En la tabla 5 se muestra el consolidado mensual de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que tienen una mayor puntuación en la evaluación de los índices de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA).

Tabla 5. Resultados de los promedios mensuales de los análisis fisicoquímicos de los meses de agosto a noviembre del 2021.

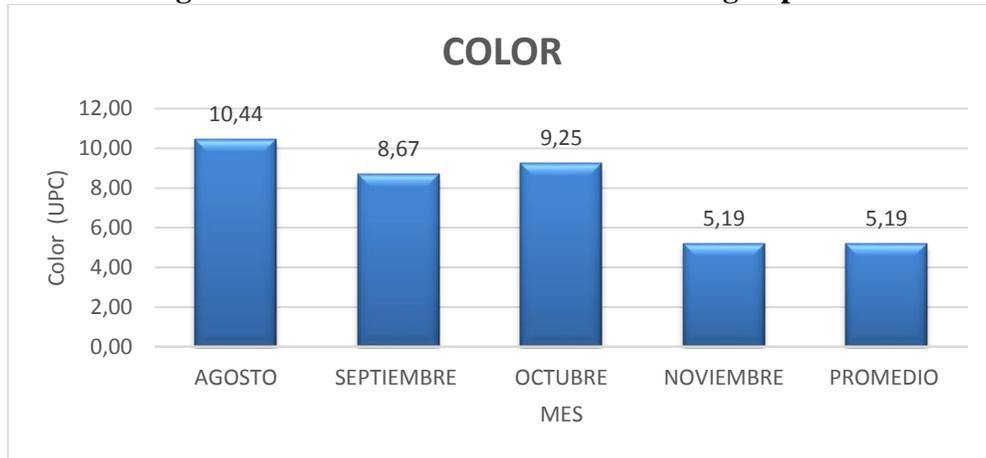
MES ANÁLISIS	PARAMETRO RES MPS 2115/07	UNIDAD	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	PROMEDIO
IRCA (%)			3,07%	2,18%	1,72%	0,85%	1,96%
MUESTRAS FISICOQUIMICAS			18	18	25	19	80
COLOR	Máx. 15	UPC	10,44	8,67	9,25	5,19	8,39
TURBIEDAD	Máx. 5	UNT	0,73	0,73	0,79	0,78	0,76
pH	6.5 - 9.0		6,82	6,79	7,01	7,49	7,03
COLOR RESIDUAL	0.3 - 2.0	ppm Cl₂	1,16	1,07	1,29	1,35	1,22
DUREZA	Máx. 300	ppm CaCO₃	22,67	23,16	28,07	27,15	25,26
CLORUROS	Máx. 250	ppm Cl⁻	7,96	7,78	13,12	11,53	10,10
ALCALINIDAD	Máx. 200	ppm CaCO₃	23,52	23,74	27,00	26,76	25,26
CONDUCTIVIDAD	Máx. 1000		53,45	59,04	61,40	59,86	58,44
MUESTRAS MICROBIOLÓGICAS			18	18	25	19	80
% ACEPTABILIDAD COLIFORMES TOTALES			100%	100%	96%	96%	98,00%
% ACEPTABILIDAD E-COLI			100%	100%	95%	95%	97,50%
% ACEPTABILIDAD AEROBIOS MESOFILOS			100%	100%	100%	100%	100,00%

6.1.3 ANALISIS DE TENDENCIAS

Objetivo 2: Establecer el grado de cumplimiento de los parámetros analizados con respecto a la normativa nacional vigente

En la figura 3 se muestra el parámetro de color a muestras de agua potable, así como su comportamiento mensual.

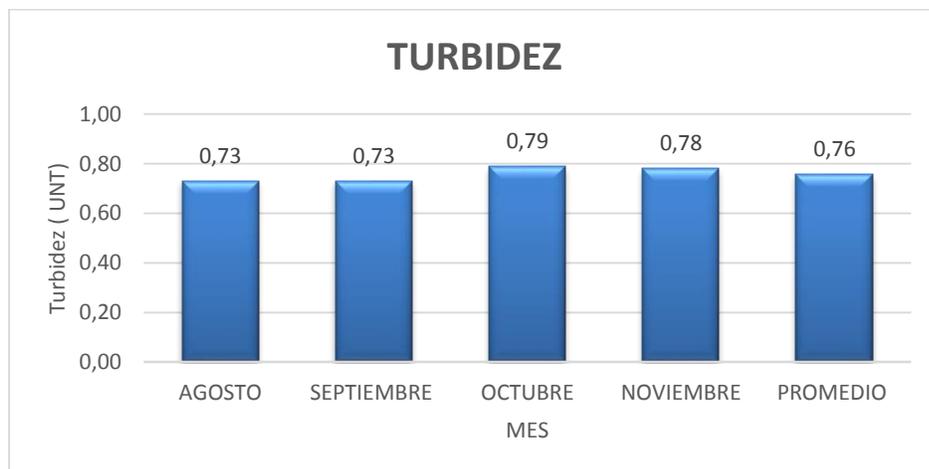
Figura 3. Análisis de color a muestras de agua potable.



En la figura 3 se observa que el promedio de color se encuentra por debajo del rango establecido en la resolución 2115 de 2007, este parámetro es difícil de manejar en época de invierno como se puede observar en el mes de agosto y octubre, debido al incremento de material turbio orgánico y por la mezcla de dicha materia con hierro y manganeso el cual varía con la dosificación del químico hidroxiclورو de aluminio alterando este parámetro.

En la figura 4 se muestra el parámetro de turbiedad y su comportamiento mensual.

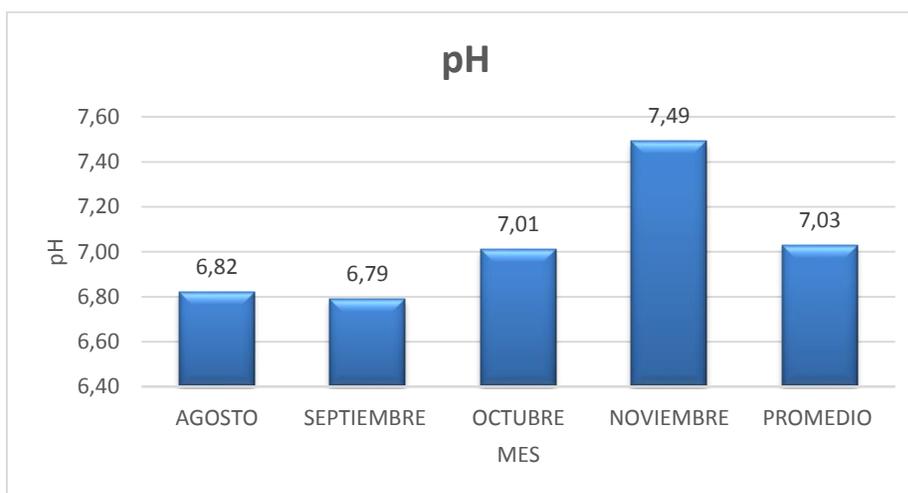
Figura 4. Análisis de turbiedad



En la figura 4 se refleja un aumento de la turbiedad en los meses de octubre y noviembre, periodo donde las fuentes hídricas traen gran cantidad de material de arrastre y el periodo de lluvias es más fuerte, el incremento de la turbidez del agua cruda estuvo por encima de 1000 UNT y por ende incrementa un poco el valor de la turbidez final, sin embargo, los valores permanecen muy por debajo de lo establecido en la norma (≤ 5 UNT).

En la figura 5 se muestra el parámetro de pH y su comportamiento mensual.

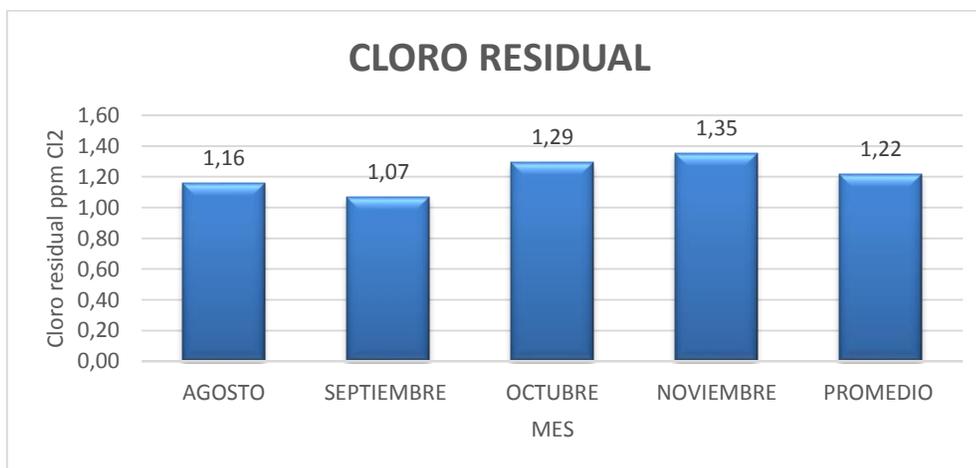
Figura 5. Análisis de pH



En la figura 5 se observa que en los meses de agosto y septiembre el pH disminuyó en comparación a los otros meses por el efecto del coagulante hidroxiclورو de aluminio, que acidifica el agua y que al incrementar la dosis disminuye sustancialmente el pH final.

En la figura 6 se muestra el parámetro de cloro residual y su comportamiento mensual.

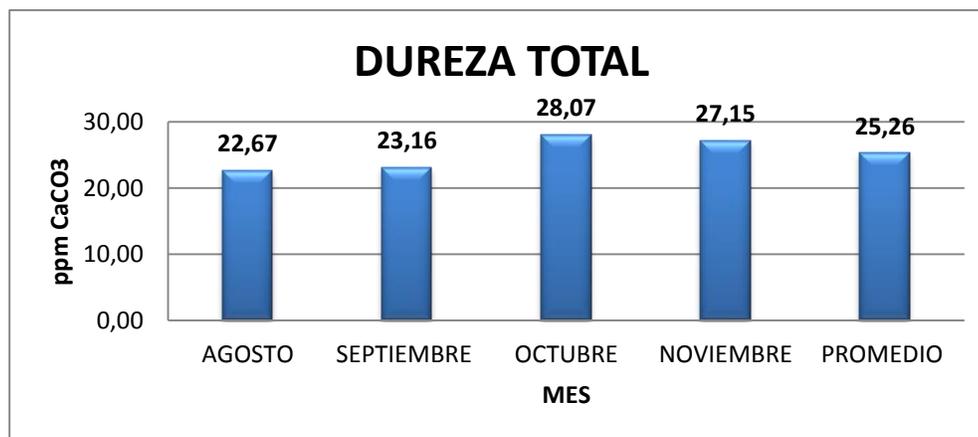
Figura6. Análisis de cloro residual.



En la figura 6 se puede observar que el comportamiento de cloro residual libre se mantiene dentro de los límites establecidos en la Resolución 2115/2007 (0,3 a 2,0 ppm) llegando a un valor de 1,35 la concentración más alta y de 1,16 la concentración más baja. También podemos ver que en los meses de octubre y noviembre el promedio de cloro residual libre estuvo más alto en comparación a los otros meses, esto se debe al aumento de lluvias donde el agua trae más materiales de arrastre y por ende se aumentó la dosis de cloro en planta sin superar el rango de 0,3 a 2,0 ppm, lo cual refleja el comportamiento para los dos últimos meses, de esta manera se garantiza el proceso de desinfección y se mantiene el agua libre de microorganismos patógenos, así mismo es un parámetro de gran variación ya que entre más lejos se tomen la muestras de la planta de tratamiento más bajo será el cloro residual, debido al efecto que tiene la red de distribución que se va perdiendo.

En la figura 7 se muestra el parámetro de dureza y su comportamiento mensual.

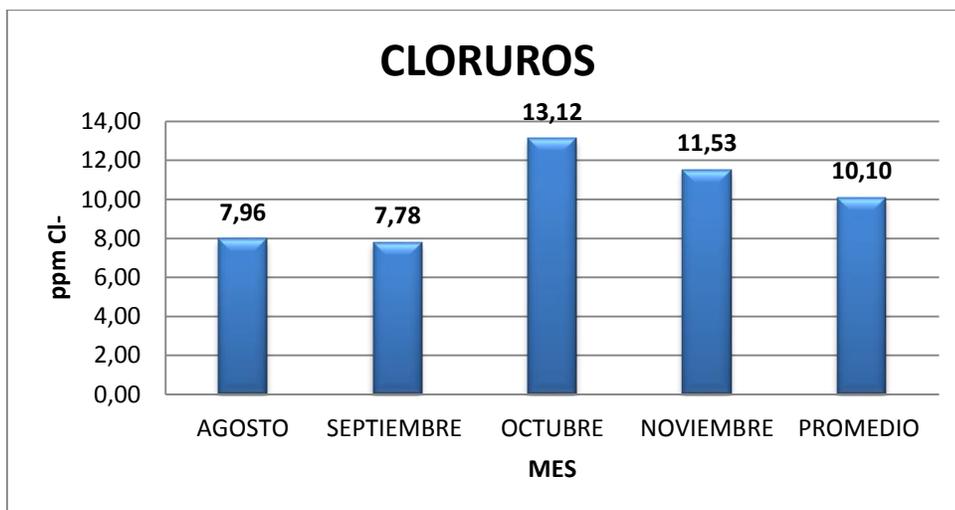
Figura 7. Análisis de dureza



En la figura 7 se observa que en todos los meses el promedio de dureza estuvo por debajo del rango ($\leq 300\text{mg/l}$) establecido en la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Protección Social, debido a que su fuente es de origen superficial. Sin embargo, en los meses de octubre y noviembre el promedio estuvo un poco alto en comparación a los otros meses, la dureza se manifiesta por la presencia de sales de calcio y magnesio.

En la figura 8 se muestra el parámetro de cloruros y su comportamiento mensual.

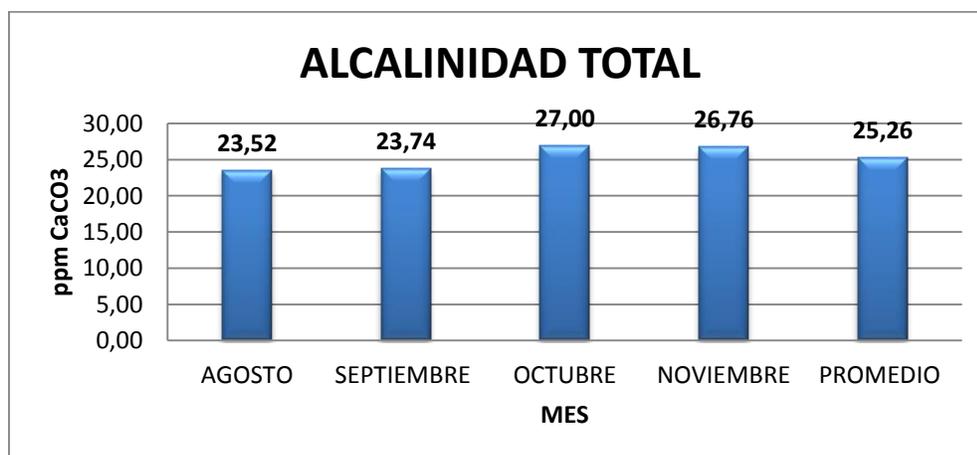
Figura 8. Análisis de cloruros



En la figura 8 se observa que en todos los meses el promedio de cloruros estuvo por debajo del rango (≤ 250 mg/l) establecido en la Resolución MPS 2115 de 2007 debido a que su concentración es muy baja en este tipo de aguas en comparación a las aguas residuales donde el nivel de cloruros es muy alto indicando cierto tipo de contaminación.

En la figura 9 se muestra el parámetro de alcalinidad y comportamiento mensual.

Figura 9. Análisis de alcalinidad

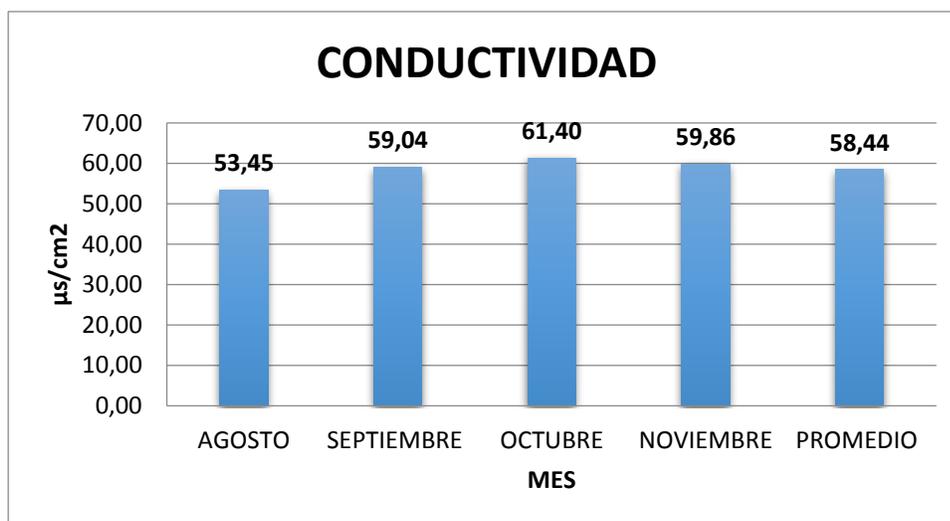


En la figura 9 se puede observar que en todos los meses el promedio de alcalinidad estuvo por debajo del rango (≤ 250 mg/l) establecido en la Resolución MPS 2115 de 2007, en los meses de octubre y noviembre se observa un leve aumento debido a la temporada de lluvias

donde se incrementa la adición de Hidroxicloruro de aluminio, por ello aumenta la alcalinidad total del agua.

En la figura 10 se muestra el parámetro de conductividad y su comportamiento mensual.

Figura 10. Análisis de conductividad



En la figura 10 se observa que en todos los meses el promedio de conductividad estuvo por debajo del rango (1000 microsiemens/cm) establecido en la Resolución MPS 2115 de 2007. La variación de la conductividad se refleja por la acumulación de aniones y cationes los cuales forman compuestos como las sales las cuales en exceso pueden producir sabores desagradables al consumidor. Las aguas de montaña, como es el caso de Pamplona, presentan baja conductividad, por ello, el agua potable presenta generalmente valores bajos, un incremento de los valores habituales de la conductividad superior al 50% en el agua de la fuente, es indicativo de un cambio sospechoso en la cantidad de sólidos disueltos y su procedencia debe ser investigada de inmediato.

7. CÁLCULO DEL IRCA (ÍNDICE DE RIESGO DE CALIDAD DE AGUA POTABLE)

Objetivo 3: Calcular el índice de riesgo de calidad de agua (IRCA) con los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas.

Tal y como lo establece el Decreto MPS 1575 de 2007 y la Resolución MPS 2115 del 2007, debe calcularse este índice para determinar el riesgo del agua que se trata en cada una de las plantas y que se distribuye al municipio de Pamplona.

Se asignó un peso a cada característica, se tomaron cada una de las muestras analizadas por día, se calculó el puntaje obtenido de acuerdo a la tabla 1 y un puntaje total de acuerdo al número de parámetros analizados, de esta manera se obtuvo un IRCA por muestra y el IRCA mensual para así definir el nivel de riesgo.

Por ejemplo, los resultados de una muestra de agua fueron: pH= 6,5, turbiedad=5, cloro residual=0,2, color aparente= 15 Coliformes totales= 2

El IRCA de la muestra

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{15+15}{1.5+15+15+6+15} \times 100 = \frac{30}{52.5} \times 100 = 57\%$$

Los resultados de una muestra de agua fueron
Coliformes totales= 0 , *E.coli* = 0

El IRCA de la muestra

$$\text{IRCA} = \frac{0}{15+25} \times 100 = \frac{0}{40} \times 100 = 0\%$$

Con los datos anteriores calcular el IRCA mensual

$$\text{IRCAm} = \frac{57+0}{2} = 28\%$$

En la tabla 6 se muestran los porcentajes mensuales del IRCA del agua tratada en la planta de tratamiento Cariongo.

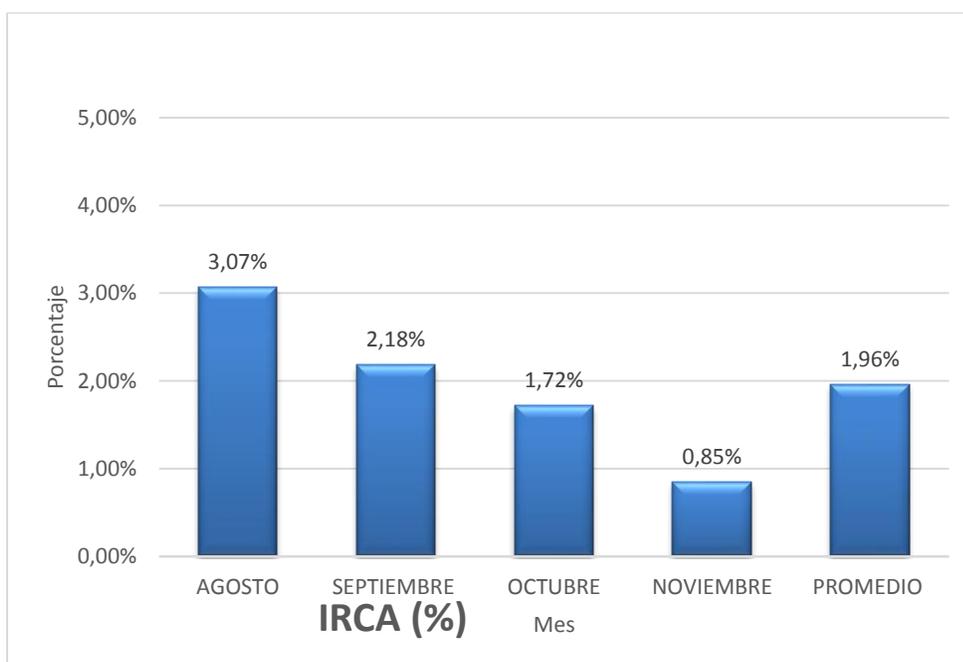
Tabla 6. Resultados del porcentaje mensual de IRCA de las muestras de agua potable.

MES	IRCA MENSUAL
AGOSTO	3,07%
SEPTIEMBRE	2,18%
OCTUBRE	1,72%
NOVIEMBRE	0,85%
PROMEDIO	1,96%

En la tabla 6 se puede observar el porcentaje de riesgo que presentan las muestras de agua potable suministrada por la planta de tratamiento Cariongo no presenta ningún riesgo ya que se encuentra en un porcentaje inferior al 5 % tal como lo establece la Resolución 2115 MPS. del 2007

En la figura 11 se puede ver el comportamiento del IRCA de las muestras de agua potable en los meses de agosto a noviembre del 2021.

Figura 11. IRCA MENSUAL



En la figura 11 se puede observar que el porcentaje de riesgo de calidad de agua para consumo en todos los meses es inferior al 5 %, manifestando el buen tratamiento que se le da al agua procesada en la planta de tratamiento Cariongo.

En la tabla 7 se muestra la clasificación del nivel de riesgo (IRCA) del agua tratada en la planta de tratamiento Cariongo de la empresa Empopamplona S.A.E.S.P de la ciudad de Pamplona.

Tabla 7. Clasificación del nivel de riesgo (IRCA) del agua tratada en la planta de tratamiento Cariongo.

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantara la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
0-5	Sin Riesgo	Continuar el control y la vigilancia	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Fuente: Resolución 2115 de 2007. Ministerio de Protección social.

En la tabla 7 se puede observar que el puntaje de riesgo del agua suministrada por la planta de tratamiento Cariongo de la ciudad de Pamplona se encuentra en un porcentaje inferior al 5 % por lo cual podemos decir que se clasifica sin riesgo, cumpliendo con los requerimientos normativos de la Resolución 2115 del Ministerio de Protección Social, necesarios para considerar el agua apta para el consumo humano.

8. CONCLUSIONES

- Desde todo punto de vista microbiológico y fisicoquímico, se considera que el agua suministrada a la comunidad pamplonesa, es de muy buena calidad, cumple con los parámetros estipulados en el decreto 1575 de 2007.
- Según el IRCA calculado al agua proveniente de la planta de tratamiento Cariongo, se considera que no presenta riesgo, por ende, es apta para el consumo humano.
- Los problemas que se presentan con la calidad del agua generalmente son a nivel intradomiciliario, donde las redes internas de distribución, tanques de almacenamiento, grifos, etc. Se encuentran en mal estado o no tienen las condiciones higiénicas necesarias.
- El agua que abastece la planta de tratamiento Cariongo es de buena calidad por lo que se debe cuidar y conservar. La contaminación de esta se debe principalmente a la alta población y animales que habitan pasos arriba de la captación por lo que se debe sensibilizar a las personas frente al cuidado del río y el ambiente general.

9. RECOMENDACIONES

- Es importante adelantar campañas de sensibilización y programas para el cuidado de las redes internas, grifos y tanques aéreos, y de esta manera dar cumplimiento al decreto 1575 de 2007 que confiere parte de responsabilidad al usuario frente a la calidad del agua.
- Es de gran importancia sensibilizar a la población frente a los problemas de salud que puede traer el consumo de aguas crudas, ya que en la ciudad se encuentran acueductos comunales y en algunos sitios esta agua es recibida por la red de distribución mezclándose con el agua potable y perdiéndose todo el tratamiento.
- El Decreto 1575 /2007 y la resolución 2115 de 2007, incluye un parámetro de evaluación microbiológica, que es la determinación de *Giardia* y *Criptosporidium*, para ello contratan un laboratorio externo para este análisis, podría diseñarse una técnica de identificación de estos parásitos que sea de bajo costo y que se pueda realizar en el laboratorio de la empresa.

10. GLOSARIO

AGUA POTABLE: Es aquella que, por cumplir las características físicas, químicas y microbiológicas, en las condiciones señaladas en el decreto 1575/07 y demás normas que la reglamentan, es apta para consumo humano, se utiliza en bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA: Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA: Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.

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

COLIFORMES: Bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas en un tiempo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β -galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua potable.

ESCHERICHIA COLI (E. coli): Bacilo aerobio Gram negativo no esporulado que se caracteriza por tener enzimas específicas como la β -galactosidasa y la β -glucuronidasa. Es el indicador microbiológico de contaminación fecal en el agua para consumo humano.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO: Deposito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

ÍNDICE DE RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO (IRCA): Es la mayor probabilidad de que un individuo de una población determinada se

enferme o muera, mientras persistan las condiciones que afectan la calidad del agua para consumo humano, por el grado de influencia que tienen las características microbiológicas, físicas y químicas en el agua sobre la salud.

PLANTA DE TRATAMIENTO: Conjunto de obras equipos y materiales necesarios para efectuar los procesos que permitan cumplir con las normas de calidad del agua potable.

TRATAMIENTO O POTABILIZACION: Conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características microbiológicas, físicas y químicas, para hacerla apta para el consumo humano.

VALOR ACEPTABLE: Es el establecido para la concentración de un componente o sustancia, que garantiza que el agua para consumo humano no representa riesgos conocidos a la salud.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

SEMANAS DE TRABAJO																				
ACTIVIDAD A REALIZAR	Mes 1			Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Documentación para la elaboración del trabajo investigativo																				
Toma de muestras																				
Preparación de medios de cultivo																				
Análisis microbiológico de agua potable																				
Análisis fisicoquímicos de agua potable																				
Cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua.																				
Diseño y elaboración del informe final																				
Presentación del borrador y correcciones del informe final																				

12. RECURSOS

12.1. Descripción detallada del personal requerido

INVESTIGADOR /EXPERTO	FORMACION ACADEMICA	FUNCION	DEDICACION 6 MESES	RECURSOS		TOTAL
				UNIVERSIDAD	PROPIOS	
José Gonzalo Rivera	Microbiólogo	Investigador principal	100 horas		X	\$2.300.000
Docente Universitario	Doctorado	Coinvestigador	40 horas	X		\$1.680.000
TOTAL						\$3.980.000

12.2. Descripción detallada de los análisis de laboratorio

Parámetro	MÉTODO	Valor Por muestra	VALOR 80 muestras
Alcalinidad Total	Volumétrico	\$7.000	\$560.000
Cloro residual libre	Fotométrico	\$7.000	\$560.000
Cloruros	Argentométrico	\$7.000	\$560.000
Color	Colorimétrico	\$3.000	\$240.000
Conductividad	Electrométrico	\$3.000	\$240.000
Dureza Total	Volumétrico	\$7.000	\$560.000
pH	Electrométrico	\$3.000	\$560.000
Turbiedad	Turbimétrico	\$3.000	\$240.000
Coliformes Totales- <i>E. coli</i>	Filtración por Membrana	\$30.000	\$2.400.000
TOTAL			\$5.920.000

12.3. Descripción transporte

Lugar	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS		TOTAL
		UNIVERSIDAD	PROPIOS	
Pamplona	Para la toma de muestras		X	\$160.000
TOTAL				\$ 160.000

12.4. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en pesos).

RUBROS	RECURSOS			TOTAL
	UNIVERSIDAD	PROPIO	APOORTE EMPOPAMPLONA	
PERSONAL	X	X		\$3.980.000
ANÁLISIS DE ABORATORIO			X	\$5.920.000
TRANSPORTE		X		\$160.000
TOTAL				\$10.060.000

13. BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Pamplona. 2002. Plan Básico de Ordenamiento Territorial.
- APHA-AWWA-WPCF, 2000. Métodos normalizados para el análisis de agua Potable y Residual. 17 edición. Editorial Díaz de Santos. Madrid, España. 1147 págs.
- Arango, M., Alvares, L., Arango, G., Torres, O. y Monsalve, A. (2008). Calidad del agua en las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. Medellín, Colombia. Revista EIA. 9, 121-141.
- Arellano, J. (2002). Introducción a la Ingeniería Ambiental. México, D. F.: Alfaomega.
- Barrenechea, A. (2000). Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.
- Casas. (2011). Manual de Instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio. Instituto Nacional de Salud. Bogotá D.C.
- Casas, J. (2011). Manual de métodos fisicoquímicos básicos para el análisis de aguas para consumo humano. Instituto Nacional de Salud. Bogotá D.C.
- Cava, T. y Ramos, F. (2016). Caracterización físico química y microbiológica de agua para consumo humano de la localidad Las Juntas del distrito Pacora – Lambayeque, y propuesta de tratamiento. Lambayeque, Perú.
- Cogollo, J. y Rhenals, A. (2003). Optimización del proceso de clarificación en la planta de tratamiento de aguas de una embotelladora de bebidas. Montería: Universidad de Córdoba.
- Craun, G.F., Brunkard, J.M., Yoder, J.S., Roberts, V. A., Carpenter J., Wade, T., ... Roy, S.L. (2010). Causes of outbreaks associated with drinking water in the United States from 1971 to 2006. J Clin Microbiol.23 (3), 507-528.
- Decreto 1575 de 2007. Ministerio de la Protección Social. Mayo 9 de 2007.

- Espinosa, T. y González, V. (2009). Factibilidad de la implementación de desinfección por ozono para la potabilización del agua en la planta de tratamiento potabilizadora Dr. Alejo Zuloaga de la ciudad de Valencia, estado Carabobo. Venezuela. Ingeniería UC. 16(3), 51-57.
- Fernández, A., Molina, M., Álvarez, A., Alcántara, M., y Espigares, A. (2001). Transmisión fecohídrica y virus de la hepatitis A. Higiene y Sanidad Ambiental. (1), 24-8.
- Galvín, R. (2003). Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Glasmacher, A., Engelhart, S., and Exner, M. (2003). Infections from HPC organisms in drinking water amongst immunocompromised. HPC and Drinking-water Safety. 137-45.
- Ibarra (2016). Evaluación de la calidad y cantidad del agua de la fuente hídrica de la quebrada Monteadentro por medio de los parámetros físicoquímicos, microbiológicos y realizando aforos el tratamiento de agua potable para el consumo humano. Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional Abierta y A Distancia – UNAD. 1-100.
- Instituto Nacional de Salud. (2005). Octavo curso-taller validación de métodos analíticos. Enfermedades asociadas a la calidad del agua. Bogotá: Memorias
- Jiménez, B. (2001). La contaminación ambiental en México. México, D.F: LIMUSA, Noriega Editores.
- Johnson, T.J. and Nolan, L.K. Pathogenomics of the virulence plasmids of Escherichia coli. (2009). Microbiology and Molecular Biology Reviews 73 (4), 750-774.
- Kiely G. (2003). Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial Mc Graw Hill.
- Mulamattathil, S. G., Bezuidenhout, C., & Mbewe, M. (2015). Analysis of physicochemical and bacteriological quality of drinking water in Mafikeng, South Africa. J Water Health. 13 (4), 1143-1152.

- Neira, M. (2006). Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Organización Mundial de la Salud. (1996). Cloruro en el agua potable: documento de antecedentes de las Directrices para la calidad del agua potable.
- Organización Mundial de la Salud. (2004). Revisión de las guías para la calidad del agua potable con el fin de prevenir brotes epidémicos y enfermedades relacionados con el agua. Comunicado de prensa.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del Agua Potable
- Organización Mundial de la Salud. (2009). Medición del cloro residual en el agua. Guía técnica.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). Calidad y salud del agua. Revisión de la turbidez: información para reguladores y proveedores de agua.
- Panno, S., Hackley, K., Hwang, H., Greenberg, S., Krapac, I. and Landsberger, S. Characterization and identification of NaCl sources in groundwater. *Ground Water*. 44(2), 176–187.
- Peña, K., Contreras, W., Cloquell V.A., y Owen, M.E. (2017). El abastecimiento de agua para las poblaciones y las perspectivas de integración ambiental desde sus orígenes. *Ecodiseño y sostenibilidad* 9 (1), 364-384.
- Pérez, A., Escobar, J.C., y Torres, L. (2020). Development and implementation of a water safety plan for drinking-water supply system of Cali, Colombia. *International journal of hygiene and environmental health*. 224:113-422.
- Petro, A. y Wees, T. (2013). Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del municipio de Turbaco Bolívar, Caribe Colombiano. Universidad Tecnológica De Bolívar. Cartagena de Indias.
- PNUMA. (2007). Programa Global de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente. Agua. Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos WWAP, Canadá. Recuperado en: <http://www.gemswater.org/>

- Prabin S., Tista, P.J., & Dev, R.J. (2012). Evaluation of Physicochemical and Microbiological Parameters of Drinking Water Supplied from Distribution Systems of Kathmandu Municipality. *Nepal Journal of Science and Technology* 13 (2), 179-184.
- Ramírez, F. (2005). Desinfección del Agua con Cloro y Cloraminas. *Técnica Industrial* (260), 54 - 64.
- Resolución 2115 de 2007. Ministerio de la Protección Social. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, D. C., 22 de junio de 2007.
- Rodríguez, R., Martínez, C., Hernández, D., De Lucas, J. y Acevedo, M. (2003). Calidad del agua de fuentes de manantial en la zona básica de salud de Sigüenza. Guadalajara, México. *Revista Española de salud pública*. 7(3), 423-432.
- Rodríguez, M., Álvarez, L., Moraña, M. y Salusso, L. (2017). Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. *Revista Argentina de Microbiología*. 2-4
- Romero, J. (2005). Calidad del Agua. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá D.C.
- Ruiz, N. E., Escobar, Y. C., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*, Volumen 27 (3), 172 -181.
- Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC*, 17 (1), 29-48.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y Ministerio de Desarrollo Económico. (1999). Operaciones y mantenimiento de plantas de potabilización de agua. Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico.
- Shofiul, I.M., Aminul, A., Shamim, A., Shakila, A., Rokaia, S., Aynun N., & Ripaj, U. (2020). Physicochemical and Microbiological Quality of Potable Water Supplied by DWASA in Dhaka City of Bangladesh. *American Journal of Biological and Environmental Statistics*. 6 (1), 1-6.
- Sueiro R.A. *et al.*, 2001: Evaluation of coli-ID and MUG Plus media for recovering *Escherichia coli* and other coliform bacteria from groundwater samples. *Water Science and Technology*, 43:213–216.

- Vyas, V., Hassan, M., Vindhani, S. I., Parmar, H., & Bhalani, V. M. (2015). Physicochemical and Microbiological assessment of drinking water from different sources in Junagadh city, India. *American Journal of Microbiological Research*. 3 (4), 148-154.
- Vera (2019) Evaluación de la eficacia de la planta de tratamiento Cariongo de la Ciudad de Pamplona por medio de una comparación entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los afluentes que abastecen y el agua tratada. Facultad de Ingenierías y Arquitectura. Universidad de Pamplona.1-75.