



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE EBULLICIÓN EN LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA - 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Elizabeth Rocío Terrones Terán

Walter Morales Goicochea

Asesor:

M. Sc. Ing. Juan Carlos Flores Cerna

Cajamarca - Perú

2018

DEDICATORIA

A DIOS por darme sabiduría, salud, su eterno amor y porque con el todo se puede lograr en esta vida. A la memoria de mis queridos Padres, que donde estén guían mis pasos para cumplir mis objetivos, a mi esposa, mis hijos por apoyarme en los momentos más difíciles para culminar mi carrera profesional quienes son mi motor y motivo para continuar con el camino de la vida.

A mis hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todos ustedes gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo a la vida

Walter Morales Goicochea

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Elizabeth Rocío Terrones Terán

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A nuestras familias que tuvieron la paciencia y nos dieron su apoyo en todas las dediciones de nuestras vidas profesionales gracias a cada uno de ellos.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Ing. Juan Carlos Flores Cerna, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis. Debemos destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia.

Son muchas las personas que han formado parte de nuestra mi vida profesional a los que agradecemos su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Quiero darles las gracias a todos por ser parte de este trabajo de investigación.

Elizabeth y Walter

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.1.1. Antecedentes.....	12
1.2.1. Bases teóricas	14
2.1.1.1. Agua potable	14
1.2.1.2. Agua subterránea	14
1.2.1.3. Conductividad eléctrica	15
1.2.1.4. Dureza del agua.....	15
1.2.1.5. Ebullición	16
1.2.1.6. Límites máximos permisibles	16
1.2.1.7. p H	17
1.2.1.8. Solidos Suspendidos Totales.....	18
1.2.1.9. Temperatura.....	18
1.2.1.10. Correlación de Pearson	19
1.2. Formulación del problema.....	20
1.3. Objetivos.....	20
1.3.1. Objetivo general	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Hipótesis.....	20

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	21
2.1. Tipo de investigación	21
2.1.1. Experimental.....	21
2.2. Materiales, instrumentos y métodos	21
2.2.1. Materiales	21
2.2.2. Instrumentos.....	21
2.2.3. Métodos.....	21
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	22
2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección	22
2.3.2. Análisis de datos	25
2.4. Procedimiento	26
CAPÍTULO III. RESULTADOS	27
3.1. Resultados del mes de diciembre del 2018	27
3.1.1. Muestra La Molina.....	27
3.1.2. Muestra Huacariz	27
3.1.3. Muestra Chinchimachay.....	28
3.2. Resultados en el mes de enero del 2019.....	29
3.2.1. Muestra la Molina.....	29
3.2.2. Resultados muestra Huacariz.....	29
3.2.3. Resultados muestra Chinchimachay	30
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	31
4.1. Discusión	31
4.1.1. Resultados en el mes de diciembre del 2018	31
4.1.1.1. Muestra La Molina.....	31
4.1.1.2. Muestra Huacariz	35
4.1.1.3. Muestra Chinchimachay.....	39
4.2.1. Resultados en el mes de enero del 2019.....	43

4.2.1.1. Muestra la Molina	43
4.2.1.2. Resultados muestra Huacariz	47
4.2.1.3. Resultados muestra Chinchimachay.....	51
4.2. Correlación entre parámetros de las variables mes de diciembre 2018.	55
4.2.1. Muestra La Molina	55
4.2.2. Muestra Huacariz.....	56
4.2.3. Muestra Chinchimachay	57
4.3. Correlación entre parámetros de las variables mes de enero 2019	58
4.3.1. Muestra La Molina	58
4.3.2. Muestra Huacariz.....	59
4.3.3. Muestra Chinchimachay	60
4.4. Conclusiones.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Clasificación de agua según dureza</i>	15
Tabla 2 <i>Caracterización de límites máximos permisibles</i>	17
Tabla 3 <i>Ubicación de los puntos de muestreo</i>	23
Tabla 4 <i>Límites máximos permisibles para el consumo humano</i>	25
Tabla 5 <i>Resultados de la muestra La Molina</i>	27
Tabla 6 <i>Resultados de la muestra Huacariz</i>	27
Tabla 7 <i>Resultado de la muestra Chinchimachay</i>	28
Tabla 8 <i>Resultado de la muestra La Molina</i>	28
Tabla 9 <i>Resultado de la muestra Huacariz</i>	29
Tabla 10 <i>Resultados de la muestra Chinchimachay</i>	29
Tabla 11 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	30
Tabla 12 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	31
Tabla 13 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	32
Tabla 14 <i>Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	33
Tabla 15 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	34
Tabla 16 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	35
Tabla 17 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	36
Tabla 18 <i>Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	37
Tabla 19 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	38
Tabla 20 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	39
Tabla 21 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	40
Tabla 22 <i>Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i> ..	41
Tabla 23 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	42
Tabla 24 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	43
Tabla 25 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	44
Tabla 26 <i>Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina</i>	45
Tabla 27 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	46
Tabla 28 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	47
Tabla 29 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	48

Tabla 30 <i>Solidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz</i>	49
Tabla 31 <i>Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	50
Tabla 32 <i>pH vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	51
Tabla 33 <i>Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i>	52
Tabla 34 <i>Solidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay</i> ..	53
Tabla 35 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>La Molina – diciembre</i>	54
Tabla 36 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>Huacariz – diciembre</i>	55
Tabla 37 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>Chinchimachay – diciembre</i>	56
Tabla 38 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>La Molina – enero</i>	57
Tabla 39 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>Huacariz – enero</i>	58
Tabla 40 <i>Correlación entre parámetros de las variables de la muestra</i>	
<i>Chinchimachay - enero</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Escala de pH.....	17
<i>Figura 2.</i> Ubicación del punto de muestreo La Molina.....	23
<i>Figura 3.</i> Ubicación del punto de muestreo Huacariz	24
<i>Figura 4</i> Ubicación del punto de muestreo Chinchimachay.....	24
<i>Figura 5.</i> Dureza vs tiempo de la muestra La Molina.....	31
<i>Figura 6.</i> pH vs tiempo de la muestra La Molina.....	32
<i>Figura 7.</i> Conductividad vs tiempo de la muestra La Molina	33
<i>Figura 8.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra La Molina	34
<i>Figura 9.</i> Dureza vs tiempo de la muestra Huacariz	35
<i>Figura 10.</i> pH vs tiempo de la muestra Huacariz	36
<i>Figura 11.</i> Conductividad vs tiempo de la muestra Huacariz.....	37
<i>Figura 12.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Huacariz.....	38
<i>Figura 13</i> Dureza vs tiempo de la muestra Chinchimachay	39
<i>Figura 14.</i> pH vs tiempo de la muestra Chinchimachay	40
<i>Figura 15.</i> Conductividad vs tiempo de la muestra Chinchimachay	41
<i>Figura 16.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Chinchimachay	42
<i>Figura 17.</i> Dureza vs tiempo de la muestra La Molina.....	43
<i>Figura 18.</i> pH vs tiempo de la muestra La Molina.....	44
<i>Figura 19</i> Conductividad vs tiempo de la muestra La Molina	45
<i>Figura 20.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra La Molina	46
<i>Figura 21.</i> Dureza vs tiempo de la muestra Huacariz	47
<i>Figura 22.</i> pH vs tiempo de la muestra Huacariz	48
<i>Figura 23.</i> Conductividad vs tiempo de la muestra Huacariz.....	49
<i>Figura 24.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Huacariz.....	50
<i>Figura 25.</i> Dureza vs tiempo de la muestra Chinchimachay	51
<i>Figura 26.</i> pH vs tiempo de la muestra Chinchimachay	52
<i>Figura 27</i> Conductividad vs tiempo de la muestra Chinchimachay	53
<i>Figura 28.</i> Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Chinchimachay	54

RESUMEN

Este estudio se realizó con la finalidad de conocer la influencia de ebullición en los parámetros fisicoquímicos en las aguas subterráneas de consumo humano en el distrito de Cajamarca. Para este propósito, se hizo hervir las muestras en 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos. Las muestras se realizaron en el mes de diciembre del 2018 y enero del 2019. Tuvo como objetivo determinar la influencia del tiempo de ebullición en los parámetros fisicoquímicos en las aguas subterráneas de consumo humano en el distrito de Cajamarca. Teniendo como resultados en promedio la dureza antes de la ebullición es 553.81 mg/L, a los 20 minutos se obtienen un promedio de 354 mg/L; pH en promedio antes de la ebullición es 7.21, a los 20 minutos se obtiene un promedio de 8.85, la conductividad en promedio sin ebullición es de 748 μ S/cm, después de 20 minutos se obtiene un promedio de 566 μ S/cm, los Solidos disueltos totales en promedio sin ebullición es 533 mg/L, a los 20 minutos se obtiene un promedio de 397 mg/L. Concluyendo el tiempo de ebullición de las aguas subterráneas de consumo humano estén dentro de los Límites Máximos Permisibles, según el DS N° 031-2010-SA, es de 10 minutos.

Palabra Clave: Aguas subterráneas, ebullición y fisicoquímico

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

A lo largo de la vida, el agua es un factor primordial para la supervivencia. El agua es el principal componente del cuerpo humano. Es esencial para los procesos fisiológicos de la digestión, absorción y eliminación de desechos metabólicos no digeribles, y también para la estructura y función del aparato circulatorio. Actúa como medio de transporte de nutrientes y todas las sustancias corporales. El cuerpo humano tiene un 75% de agua al nacer y cerca del 60% en la edad adulta. El agua de bebida, junto con la contenida en los alimentos, ha de garantizar nuestra correcta hidratación a cualquier edad o circunstancia vital. En consecuencia es muy importante asegurar el aporte en cantidad y calidad adecuadas, especialmente cuando conocemos la influencia que el grado de hidratación puede tener sobre la salud y el bienestar de las personas, tanto en lo que se refiere a los aspectos cognitivos, el rendimiento físico. (Iglesias Rosado et al., 2011).

Hoy en día el agua potable para el consumo humano se ha visto envuelto en un factor básico para la población, ya que la falta de calidad es un problema para la salud humana. Por ende, el agua potable apta para el consumo humano es indispensable para la supervivencia del planeta, y que hoy en día está en escasez por el crecimiento poblacional y el uso inadecuado de este líquido elemento, demanda de mayor cantidad para abastecer a todos los lugares. Esta es la razón por la cual las personas están optando por obtener el agua de otras fuentes como son los pozos subterráneos. Para esto se tiene con cumplir con los requisitos de los límites máximos permisibles, para no atentar contra la salud.

Las diversas actividades generadas por el hombre han provocado una modificación de las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas para la salud, y cumplir con las normas bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas. El agua es un recurso valioso y escaso, por lo tanto, la población debe utilizarla de forma racional. (Chulluncuy-Camacho, 2011)

Por lo antes mencionado, el ser humano se ve en la necesidad de buscar otras fuentes de agua, una de ellas es el agua subterránea. El agua subterránea es importante como fuente de agua potable, para la irrigación agrícola, uso industrial, entre otras actividades. Pero lo que la define particularmente como fuente de agua para consumo, es que presenta menor contaminación a causa de la capacidad de filtración del suelo, además de ser poco afectado en periodos prolongados de sequía. Sin embargo, éste también puede verse afectado de diferentes maneras por parte de la actividad humana como descarga de efluentes a tanques sépticos, líneas de desagüe hasta el nivel freático, derrame de hidrocarburos, operaciones agrícolas que elevan la cantidad de pesticidas y sales inorgánicas en el agua, entre otros. Aun así, la contaminación es un fenómeno local que solo afecta al acuífero superior en un

área no menor a 1.5 km de largo y 0.5 km, donde los contaminantes se mueven en el intervalo de 0.3 m al día. (R.D. Arizábalo, 1991)

En el siglo XX algunos estudios han demostrado una débil relación inversa entre la dureza del agua y las enfermedades cardiovasculares en los varones, cuando el grado de dureza, del agua sobrepasa los 170 mg/L de carbonato de calcio, No obstante, la Organización Mundial de la Salud ha revisado las evidencias, y concluyó que los datos eran inadecuados para emitir una recomendación acerca de un nivel de dureza. Otros estudios, realizados tanto a nivel de Costa Rica como en otras latitudes del mundo, indican que el exceso de dureza ha sido vinculado como un factor de riesgo para padecer litiasis renal. (Mora-Alvarado, portugués-Barquero, Alfaro-Herrera, & Hernández-Mirault, 2015) portugués-Barquero, Alfaro-Herrera, & Hernández-Mirault, 2015)

En Cajamarca, el agua subterránea se caracteriza por tener una concentración de dureza muy alta. La dureza puede ser temporal (de carbonatos) o permanente (no carbonatos), generalmente de sulfatos y cloruros. Las durezas de carbonato de calcio y carbonato de magnesio son menos solubles en agua caliente que en agua fría; es decir, al hervir el agua, la dureza del agua puede disminuir al precipitarse; por el contrario, la dureza permanente de sales de sulfatos y cloruros de calcio o magnesio no disminuye al hervir el agua.

Este hecho ha provocado un gran interés por parte de los investigadores, para conocer el tiempo de ebullición más óptimo para bajar la dureza y así poder disminuir el posible factor de riesgo en los usuarios de estas aguas; además de ello, ver cómo afecta la ebullición a los demás parámetros en estudio que son el pH, conductividad, sólidos totales disueltos.

1.1.1. Antecedentes

La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierto valor, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura. Puede ser eliminada utilizando el método SODA (sulfato de sodio). Otra explicación es que la cantidad de dureza en exceso de la carbonatada se le llama dureza de no carbonatos y se distingue como permanente, es decir, no puede eliminarse por agitación térmica, sino que son necesarios procesos químicos para eliminarla del agua. El hierro, que produce un sabor desagradable en el agua potable, puede extraerse por medio de la ventilación y sedimentación, o pasando el agua a través de filtros de ceolita. También se puede estabilizar el hierro añadiendo ciertas sales, como los polis fosfatos. El agua que se utiliza en los laboratorios, se destila o se desmineraliza pasándola a través de compuestos que absorben los iones.(Dureza & Grano, 1996)

Algunos estudios indican que las concentraciones de calcio en vegetales aumentan si éstos son cocidos en aguas duras y disminuyen notablemente si son cocidos en aguas blandas. En el caso del magnesio no se establecen bien definidas las tendencias. El agua con niveles de dureza superior a los 200 mg/L puede causar la aparición de incrustaciones en los sistemas de distribución, dependiendo además de la interacción con otros factores, como el pH y la alcalinidad [5]. Estas incrustaciones afectan a las redes de distribución tanto domésticas como industriales y se producen principalmente por una descomposición térmica de los bicarbonatos de calcio y magnesio solubles en el agua por calentamiento, en donde se elimina el dióxido de carbono y se precipitan los carbonatos (CaCO_3) que son insolubles, los que luego se depositan sobre las superficies de tuberías y calderas. Las incrustaciones están compuestas principalmente por calcita en mayor proporción, y por dragonita en menor proporción. Ambos son carbonatos de calcio con igual composición química, sin embargo, la calcita tiene una capacidad incrustante superior a la dragonita. De no aplicarse un efectivo control de estas reacciones naturales, la adhesión constante y progresiva de carbonatos de calcio y magnesio provoca el crecimiento de una costra incrustante de importantes espesores en las paredes de los sistemas de distribución, la cual es mecánicamente dura de remover y térmicamente muy aislante, lo cual reduce enormemente la eficiencia de la transferencia de calor al agua (es decir, calderas). Esto no solo implica pérdida de la capacidad de caudal en las tuberías, sino que también un exceso de consumo de energía para producir calentamiento o enfriamiento. (la composición química de las aguas subterráneas naturales 1. 1. conceptos elementales, n.d.).

Se Determinó la prevalencia de urolitiasis en el estado de Yucatán, México, y una posible asociación de ésta con antecedentes familiares de la enfermedad y la dureza del agua. Los sujetos se clasificaron como litiasis definitiva (LD), litiasis probable (LP) y sin litiasis (SL). Se determinó dureza total, dureza de calcio y dureza de magnesio a las muestras de agua empleadas para el consumo humano. Se emplearon ji cuadrada y t de student para comparación de medias de muestras independientes en el análisis. Resultados. De un total de 5 832 encuestas, 323 sujetos (5.5%) se catalogaron como LD, y 282 (4.8%) como LP. La prevalencia de litiasis se incrementó con la edad, partiendo de 1% en población de 18 años o menor, hasta 11.3% en los mayores de 50. El 44% del grupo LD y 34% del LP tuvieron antecedente familiar de urolitiasis, Se observó que una dureza del agua mayor a 400 ppm se asocia con una mayor prevalencia de litiasis ($p=0.003$, RM 1.9, IC 95% 1.21-2.94). La prevalencia de litiasis urinaria en Yucatán es mayor a lo reportado en la literatura nacional e internacional. La dureza extrema del agua

empleada para el consumo humano y el antecedente familiar de la enfermedad son factores de riesgo que requieren investigaciones futuras. (S, 2002).

1.2.1. Bases teóricas

1.2.1.1. Agua potable

Puede definirse como el agua que se distribuye a la población, que puede ser usada con seguridad para bebida, para uso doméstico e industrial. El agua potable o destinada a bebida es un producto que comprende parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y radiológicos del agua en el origen, y de la distribuida después de someterla a procesos de tratamiento y desinfección. El agua potable es una sustancia disponible para el consumidor, que cuando sale del grifo realiza su función esencial: satisfacer la sed sin amenazar la salud ni la vida. (Salvador, 2013).

1.2.1.2. Agua subterránea

Se define el agua subterránea, como el agua que hay debajo de la superficie terrestre. En concreto es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Esta definición asocia el término agua subterránea, a un lugar debajo de la superficie, que tiene poros y fisuras saturados en agua, esto es, ocupando todos los huecos. También lo asocia a nivel freático, definido como "nivel superior de la zona saturada de un acuífero libre" o "lugar geométrico de los puntos del acuífero que se encuentra a presión atmosférica". Es necesario para que exista agua subterránea, un material con poros y fisuras que puedan saturarse en agua, al cual se le denomina acuífero. Una definición completa de este término es la siguiente: "estrato o formación geológica que, permitiendo la circulación del agua por sus poros y grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para subvenir a sus necesidades. (gracia Fernández Ferrer, 2009)

1.2.1.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la capacidad del agua para pasar una corriente eléctrica. La CE en un cuerpo de agua se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos, tales como aniones cloruro, nitrato, sulfato y fosfato o cationes de sodio, magnesio, calcio, hierro, y aluminio, mientras que los compuestos orgánicos tienen una baja CE. La conductividad también se ve afectada por la temperatura, cuanto mayor es la temperatura del agua mayor es la CE; por esta razón, la conductividad se reporta como conductividad a 25°C (AGUIRRE, 2016).

1.2.1.4. Dureza del agua

La dureza del agua está relacionada con la cantidad de cationes metálicos, excepto metales alcalinos, que están presentes en ella y que pueden existir como carbonatos o bicarbonatos. Entre estos metales están el calcio, magnesio, hierro, bario, estroncio. Debido a que la concentración de iones calcio y magnesio es mucho mayor que la de los demás cationes, se asume que la dureza del agua está representada por el contenido de estos iones, expresado como carbonato de calcio, CaCO_3 (Millán, Mathison, Alvares, & Jarbough, 2003)

Tabla 1

Clasificación de agua según dureza

DUREZA (mg/L CaCO_3)	TIPO DE AGUAS
0 a 75 mg/L de CaCO_3	Agua suave
75 A 150 mg/L de CaCO_3	Agua poco blanda
150 a 300 mg/L de CaCO_3	Agua dura
Más de 300 mg/L de CaCO_3	Agua muy dura

1.2.1.5. Ebullición

El agua se evapora tanto a temperatura ambiente como cuando se pone a calentar en el fuego; en este último caso se sabía que, alcanzada la temperatura de 80o R, ésta no se elevaba más. Un tercer caso era la ebullición a bajas presiones, dentro de la campana de una máquina neumática, que se efectuaba a temperaturas menores. El hecho de que en el primer caso la superficie libre del líquido permaneciese en calma y que en los otros se agitase a borbotones no establecía diferencia alguna respecto al mecanismo de la evaporación, que como se vio se adjudicaba fundamentalmente a la acción del fuego sobre las partes del agua, atribuyéndose la agitación de su superficie bajo la campana neumática al desprendimiento del aire disuelto, y en el caso de hallarse en un recipiente al fuego al aire libre, a éste y a la posterior acción del fuego. No presenta tres argumentos para refutar la creencia de que la agitación de la superficie de los líquidos al hervir se debe exclusivamente al aire disuelto en ellos. El primero, que las experiencias de Guillaume Amontons, de Stephen Hales y de él mismo muestran que la cantidad de aire disuelto en el agua y su dilatación a la temperatura de ebullición no bastan para explicar el fenómeno. El segundo, que el agua purgada de aire, así como otros líquidos con diversa capacidad para disolverlo, borbotean al hervir con la misma intensidad hasta que se evaporan por completo.(Sellés, 2013)

1.2.1.6. Límites máximos permisibles

Es la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetro físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisan y sanción son establecidos por dicho Ministerio. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). La implementación de estos instrumentos debe asegurar que no se exceda la capacidad de carga de los ecosistemas, de acuerdo con las normas sobre la materia.(MINAM Ministerio del Ambiente, 2017).

Tabla 2

Caracterización de límites máximos permisibles

CARACTERÍSTICA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Conductividad (25°C)	1500 μ mho/cm
Dureza total (como CaCO ₃)	0 – 500,00 mg/L
pH	6,5 – 8,5
Sólidos disueltos totales	0 – 1000,00 mg/L

1.2.1.7. pH

El pH es una medida de acidez, la cual se define como la capacidad para neutralizar bases, es decir, la capacidad para reaccionar con iones hidroxilo. La determinación de la acidez del agua es importante debido a que algunos fenómenos, como las incrustaciones en las redes de distribución y la corrosión, son debido al grado de acidez del agua. Por lo general, las aguas de origen natural y no contaminadas exhiben un pH de 5 a 9. (Alfonso & Guerra, 2013).

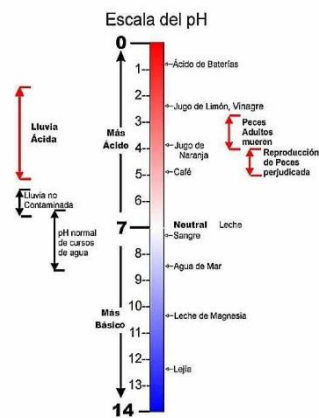


Figura 1. Escala de pH

1.2.1.8. Solidos Suspendidos Totales

TDS es una medida de la materia en una muestra de agua, más pequeñas de 2 micrones (2 millonésimas de un metro) y no pueden ser removidos por un filtro tradicional. TDS es básicamente la suma de todos los minerales, metales, y sales disueltos en el agua y es un buen indicador de la calidad del agua. TDS es clasificado como un contaminante secundario por la Agencia de Protección Ambiental de los EU (USEPA) y se sugiere un máximo de 500 mg/L en agua potable. Éste estándar secundario se establece porque TDS elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor en ésta. Personas no acostumbradas al agua con alto contenido de TDS pueden experimentar irritación gastrointestinal al beber ésta. TDS también pueden interferir con equipos de tratamiento y es importante considerarlo al instalar un sistema de tratamiento de agua. Tratamiento de agua por TDS puede lograrse por ósmosis reversa o destilación. (Sigler & Bauder, 2017).

1.2.1.9. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros físicos más importantes porque se relaciona con la actividad biológica, el grado de saturación de oxígeno disuelto, la precipitación de compuestos, la floculación, sedimentación, filtración etc. La temperatura del agua es afectada principalmente por factores ambientales y, por lo tanto, es un dato necesario para determinar la calidad del agua. (Alfonso & Guerra, 2013)

1.2.1.10. Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson se utiliza en el análisis de información cuantitativa, cuando se desea medir el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas. Sus valores varían entre -1 y 1 . El valor $+1$ indica que entre X e Y existe una correlación lineal directa y perfecta; el valor -1 , una correlación lineal inversa y perfecta. El valor 0 indica ausencia de correlación lineal. Para obtener este coeficiente hay una gran variedad de expresiones matemáticas que son equivalentes, destacando las siguientes:

Propiedades El valor de r se encuentra entre -1 y $+1$, de donde se deduce que:

- Si $r > 0$, existe correlación directa o correlación positiva,
- Si $r < 0$, existe correlación inversa o correlación negativa.

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}}$$

En la interpretación clásica del coeficiente de correlación se deduce, por ejemplo, que si:

- $0 \leq r < 0,20$; la correlación es muy baja
- $0,20 \leq r < 0,40$; existe una correlación baja
- $0,40 \leq r < 0,70$; existe una moderada correlación positiva
- $0,70 \leq r < 1,00$; existe de moderada a buena correlación positiva
- $r = 1,00$; existe una perfecta correlación positiva
- $-1,0 \leq r < -0,70$; existe de moderada a buena correlación inversa
- $r = -1,00$; existe una perfecta correlación inversa

(Oviedo Millones, 2013).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia del tiempo de ebullición en los parámetros fisicoquímicos en las aguas subterráneas de consumo humano en el distrito de Cajamarca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del tiempo de ebullición en las aguas subterráneas de consumo humano, en los parámetros fisicoquímicos en el distrito de Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la concentración de la dureza y sólidos totales en el distrito de Cajamarca en diferentes tiempos de ebullición.
- Determinar el pH y la conductividad en el distrito de Cajamarca en diferentes tiempos de ebullición.
- Determinar el tiempo de ebullición óptimo para disminuir los parámetros fisicoquímico de las aguas subterráneas en el distrito de Cajamarca.

1.4. Hipótesis

El tiempo de ebullición influye en la disminución de los parámetros fisicoquímicos en las aguas subterráneas de consumo humano en el distrito de Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Experimental

2.2. Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Materiales

- 6 ollas
- 3 baldes de plástico
- 1 Libreta de campo
- Guantes y mandil
- Reactivos
- Agua destilada
- Balanza
- Vidrio de reloj

2.2.2. Instrumentos

- 6 matraces
- 2 probetas
- 2 buretas
- 2 agitadores magnéticos
- 2 fiola
- 1 espátula
- 1GPS
- 1 Cámara fotográfica
- 1 laptop
- 1 pH chimetro

2.2.3. Métodos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos en diferentes tiempos de ebullición, fueron analizados mediante el método estadístico de correlación de Pearson, el cual se hizo comparando los resultados de los valores de r en una matriz, para ver la relación entre todas las variables y especialmente con el tiempo de ebullición de cada muestra.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas e instrumentos de recolección.

Se identificó los pozos tubulares de aguas subterráneas los cuales se encuentran en los siguientes lugares:

- El primer pozo se encuentra en Centro Poblado de Huacariz, dentro de la propiedad de la señora Amalia Aquino Yopla, en la margen derecha de la carretera que se conduce al sector La Colpa, ubicado en las coordenadas UTM 778481E – 9203250N, el cual tiene una profundidad de 11 metros, es de estructura de concreto circular, el agua de este pozo es bombeada el cual es utilizado con fines doméstico y agrícola.
- El segundo pozo se encuentra en el sector La Molina, dentro de la propiedad del señor Dionisio Carrasco Castrejón, ubicado en las coordenadas UTM 774446E – 9210210N, el cual tiene una profundidad de 9.0 metros, es de estructura de concreto circular, dicho recurso hídrico es bombeada y recolectadas en recipientes posteriormente hervir para su consumo.
- El tercer pozo se encuentra en el caserío de Chinchimachay, dentro de la propiedad de la señora María Flor Llanos Tafur, ubicado en las coordenadas UTM 773655E – 9211178N, el cual tiene una profundidad de 6.0 metros, es de estructura de concreto circular, el agua de este pozo es bombeada una vez al día y recolectadas en recipientes posteriormente hervir el agua para su uso algunos días es utilizado con fines agrícolas.
- Se preparó los equipos e implementos necesarios para proceder al muestreo de las aguas subterráneas para lo cual se utilizó: mandil, guantes, libreta de campo, lapicero, cámara, GPS y multiparámetro.
- Para la recolección de las muestras requeridas se procedió en abrir las tapas de protección de cada uno de los pozos subterráneas, luego en un balde de 4 litros sacamos la mitad de agua y enjugar el balde, seguidamente se sacó cierta cantidad de agua en el balde para poder realizar los análisis de campo y utilizar el multiparámetro para medir los parámetros de calidad de agua así como dureza, conductividad, pH, temperatura y solidos totales disueltos, seguidamente se procedió sacar un balde lleno de agua para llevar al laboratorio para realizar los análisis respectivos.

Tabla 3

Ubicación de los puntos de muestreo

Código de muestra	Nombre de la muestra	Propietario	Coordenadas UTM	
			Norte	Este
M-1	La Molina	Dionisio Carrasco Castrejón	9210210	774447
M-2	Huacariz	Amalia Aquino Yopla	9203250	778481
M-3	Chinchimachay	Flor Llanos Tafur	9211178	773655



Figura 2. Ubicación del punto de muestreo La Molina



Figura 3. Ubicación del punto de muestreo Huacariz



Figura 4. Ubicación del punto de muestreo Chinchimachay

2.3.2. Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos se tomó en cuenta el reglamento de calidad de agua para el consumo humano establecida por la norma DS N° 031-2010-SA.

Tabla 4

Límites máximos permisibles para el consumo humano

PARAMETRO	UNIDAD	LMP PARA EL CONSUMO HUMANO
Dureza	mgCaCO ₃ /L	500
pH	unidad	6.5 a 8.5
Conductividad (25°C)	µS/cm	1500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000

2.4. Procedimiento

- Se calibro la balanza y luego se pesó una masa de EDTA de 3,7224 g en una luna de reloj, seguidamente se mezcló en una fiola con agua destilada, hasta llegar a un litro.
- La solución se vertió en las buretas.
- Se colocó 50 mL de muestra de agua en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Se añadió 0.5 mL de buffer pH 10 de solución y tres gotas del indicador negro de Eriocromo T.
- Se colocó en una cocina eléctrica tres ollas con las muestras de agua de la Molina, Huacariz y Chinchimachay, donde se hizo la ebullición por los tiempos de 5 minutos, 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos de cada uno de las muestras.
- Se procedió a la titulación añadiendo gota a gota la solución de EDTA hasta el cambio de color del rojo al color azul, una vez que cambió el color, se midió el volumen de EDTA gastado. esto se repitió por tres veces cada uno de las muestras.
- Una vez obtenido los resultados de cada una de las muestras, el cual se hizo la comparación los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua aprobado en el D.S. N° 031-2010-SA.

$$\text{Dureza} \frac{(\text{CaCO}_3)}{\text{L}} = \frac{\text{V. Edta} \times \text{factor} \times 1000}{\text{V. muestra (mL)}}$$

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados del mes de diciembre del 2018

3.1.1. Muestra La Molina

Tabla 5

Resultados de dureza en la muestra La Molina

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	pH	Conductividad (µS/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
0	588.3	596.3	583.0	24.0	7.5	815	583
5 min.	439.9	437.3	447.9	21.4	8.2	700	497
10 min.	421.4	408.1	405.5	21.3	8.1	698	495
15 min.	400.2	397.5	402.8	21.0	9.0	768	546
20 min.	355.1	357.8	368.4	21.6	9.0	756	535

3.1.2. Muestra Huacariz

Tabla 6

Resultados de dureza en la muestra Huacariz

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	pH	Conductividad (µS/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
0	516.8	503.5	474.4	21.0	7.3	709	505
5 min.	405.5	400.2	368.4	20.9	8.2	552	392
10 min.	389.6	376.3	384.3	20.7	8.5	420	281
15 min.	291.5	286.2	286.2	19.4	8.4	430	311
20 min.	306.4	301.7	303.3	20.0	8.4	428	299

3.1.3. Muestra Chinchimachay

Tabla 7

Resultados de dureza en la muestra Chinchimachay

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	pH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
0	646.6	660	657	26.5	6.6	645	460
5 min.	572.4	578	570	20.5	8.7	620	458
10 min.	545.9	541	543	20.6	8.7	621	451
15 min.	477.0	504	512	21.2	8.4	611	439
20 min.	486.7	483.3	490.7	21.3	8.3	493	309

3.2. Resultados en el mes de enero del 2019

3.2.1. Muestra la Molina

Tabla 8

Resultados de dureza en la muestra La Molina

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	PH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
Sin Tratamiento	572.5	570.0	570.0	24.0	7.9	912	648
5 min.	395.0	392.5	387.5	21.4	8.4	704	499
10 min.	350.0	370.0	362.5	21.3	8.5	673	490
15 min.	345.0	337.5	332.5	21.0	8.8	675	496
20 min.	295.5	275.0	295.0	21.6	9.0	682	503

3.2.2. Resultados muestra Huacariz

Tabla 9

Resultados de dureza en la muestra Huacariz

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	PH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
Sin Tratamiento	545.0	540.0	537.5	21.0	7.3	747	532
5 min.	487.5	477.5	472.5	20.9	8.3	453	321
10 min.	350.0	340.0	345.0	20.7	8.5	385	295
15 min.	305.0	312.5	297.5	19.4	9.3	390	293
20 min.	295.0	285.0	287.5	20.0	9.3	396	281

3.2.3. Resultados muestra Chinchimachay

Tabla 10

Resultados de dureza en la muestra Chinchimachay

Tiempo	Repetición (mg/L)			Temperatura	pH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
	1	2	3				
Sin Tratamiento	472.5	470.0	465.0	26.5	6.7	660	470
5 min.	435.0	440.0	435.0	20.5	8.6	654	465
10 min.	420.0	412.5	410.0	20.6	8.7	605	428
15 min.	420.0	407.5	410.0	21.2	9.0	630	451
20 min.	380.0	377.5	385.0	21.3	9.1	646	460

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Resultados en el mes de diciembre del 2018

4.1.1.1. Muestra La Molina

Tabla 11

Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min,	10 min.	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	589.2	441.7	411.7	400.2	360.4

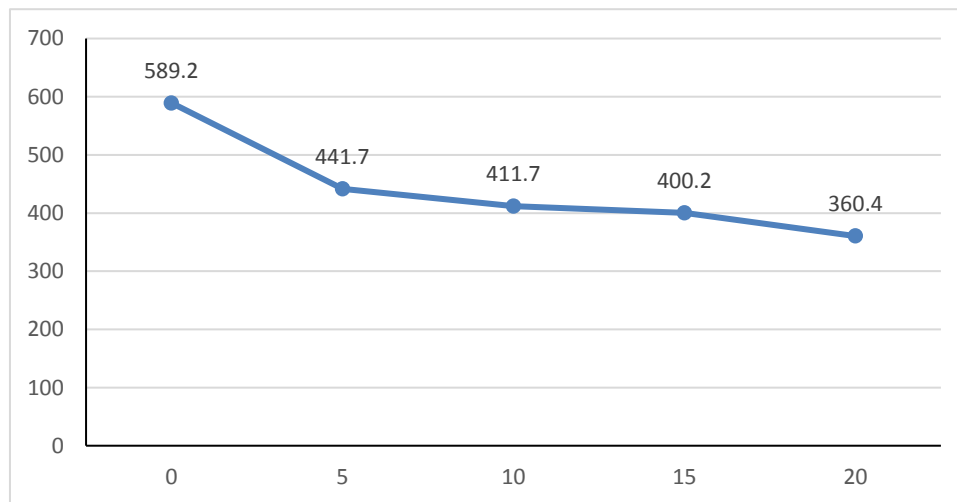


Figura 5. Dureza vs tiempo de la muestra La Molina.

En la figura 5. La dureza se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio donde se puede disminuir por ebullición, al mismo tiempo que contribuye a la formación de los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye dejando el agua menos dura, donde el agua sin ebullición tuvo una dureza de 589.2 mg CaCO₃/L; luego tiene una máxima de 441.7 mg CaCO₃/L a los 5 minutos y una mínima de 360.4 mgCaCO₃/L a los 20 minutos. De acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de dureza es 500mg/L; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 12

pH vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
p H	7.5	8.2	8.1	9.0	9.0

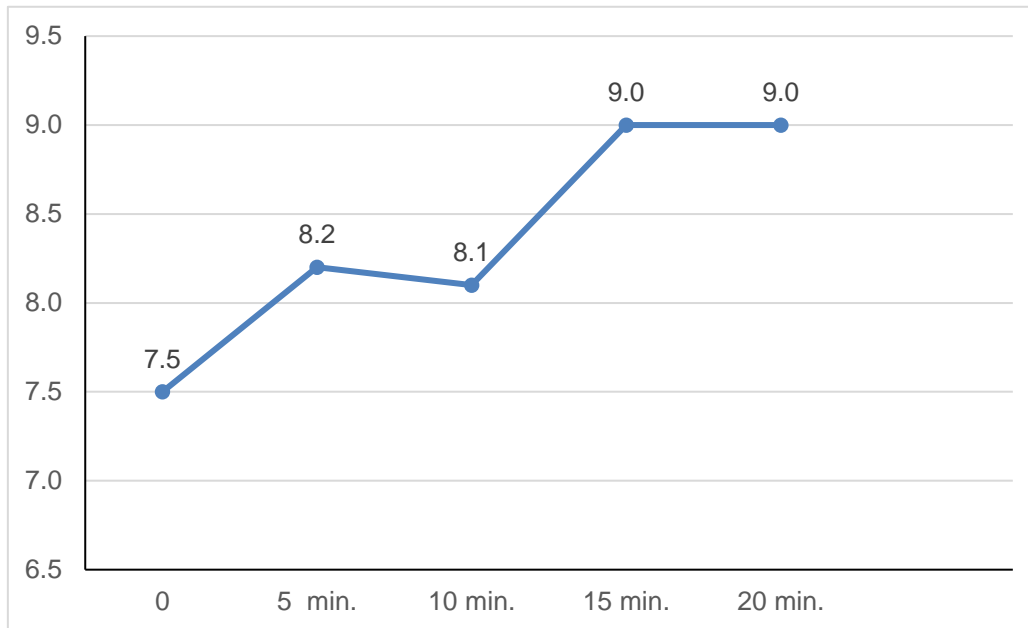


Figura 5 . pH vs tiempo de la muestra La Molina.

En la figura 6. En la mayoría de las aguas subterráneas el valor del pH es controlado por la cantidad de anhídrido carbónico, los carbonatos y bicarbonatos. La composición química del agua subterránea natural se define a partir de los análisis de muestras recogidas adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado; donde el agua sin ebullición tiene un pH de 7.5; luego de la ebullición se tuvo un máximo de 9.0 a los 20 minutos y un mínimo de 8.1 a los 10 minutos. Se encontraron dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 pH)

Tabla 13

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	815	700	698	768	756

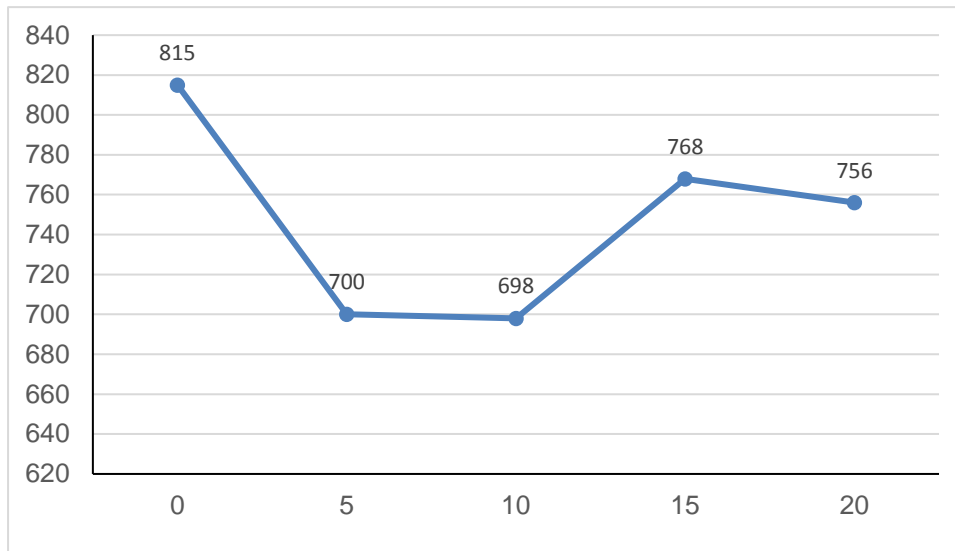


Figura 7. Conductividad vs tiempo de la muestra La Molina

En la figura 7. Se muestra la variación de la conductividad a medida que aumenta la concentración hasta un valor máximo por existir un mayor número de iones dispuestos para la conducción, a partir de un determinado valor de concentración la conductividad empieza a disminuir debido a que los iones dificultan la conducción de la corriente, donde podemos ver que el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 815 $\mu\text{S/cm}$; luego a los 15 minutos sube a un máximo de 768 $\mu\text{S/cm}$, y tiene un mínimo de 698 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible

Tabla 14

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	583	497	495	546	535

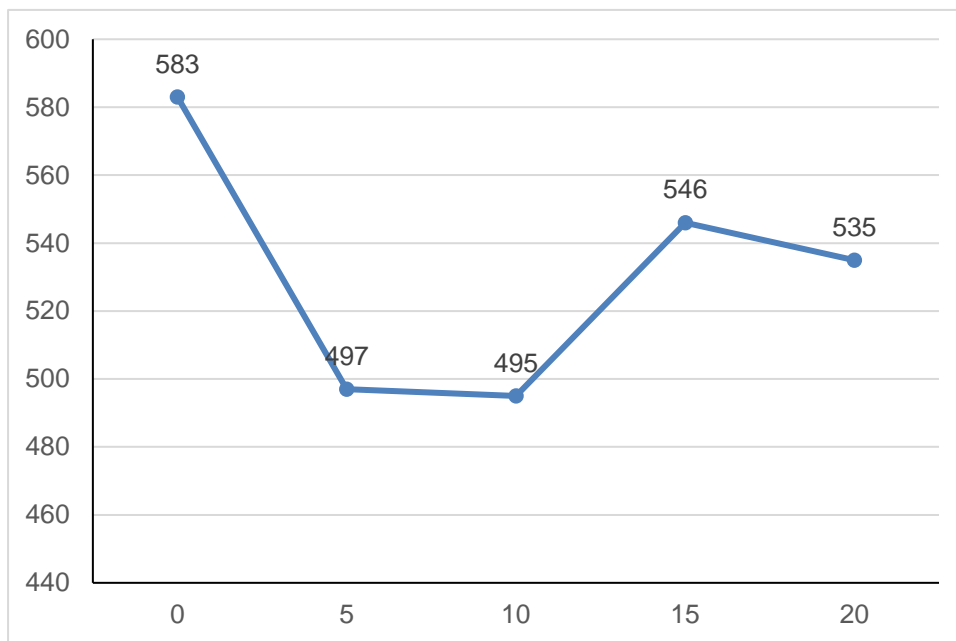


Figura 8. Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra La Molina.

En la figura 8. Se muestra una variación de sólidos totales disueltos considerablemente de acuerdo a los resultados de la medición directa probablemente la mayor concentración de aguas de pozos subterráneos permite estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión, por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 583 mg/L; luego tuvo una máxima de 546 mg/L. a los 15 minutos y un mínimo de 495 mg/L. a los 10 minutos, promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.1.1.2. Muestra Huacariz

Tabla 15

Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	498.23	391.37	383.40	287.97	303.80

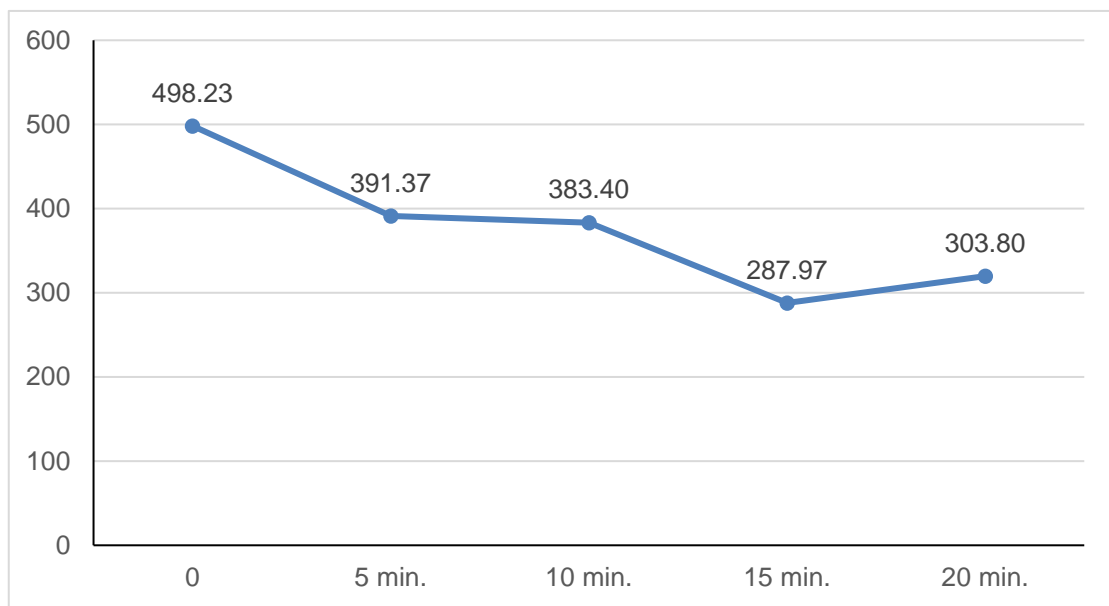


Figura 6 . Dureza vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 9. La dureza se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio donde se puede disminuir por ebullición, al mismo tiempo que contribuye a la formación de los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye dejando el agua menos dura; donde el agua sin ebullición tuvo una dureza de 498.23 mg CaCO₃/L; luego tiene una máxima de 391.37 mg CaCO₃/L a los 5 minutos y una mínima de 287.97 mgCaCO₃/L a los 15 minutos. De acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de dureza es 500mg/L; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 4
pH vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
pH	7.3	8.2	8.5	8.4	8.4

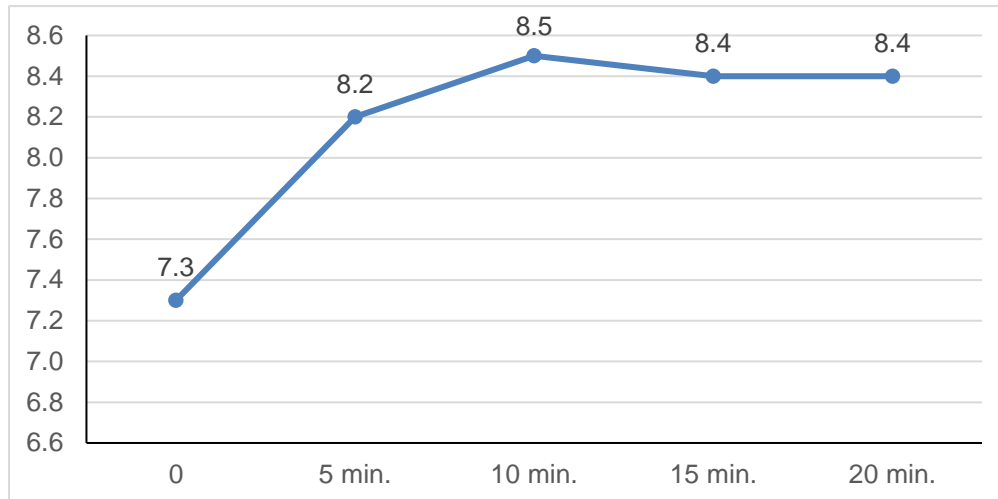


Figura 7. pH vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 10. En la mayoría de las aguas subterráneas el valor del pH es controlado por la cantidad de anhídrido carbónico, los carbonatos y bicarbonatos. La composición química del agua subterránea natural se define a partir de los análisis de muestras recogidas adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado. El agua sin ebullición tiene un pH de 7.3; luego de la ebullición se tuvo un máximo de 8.5 a los 10 minutos y un mínimo de 8.2 a los 5 minutos. Se encontraron dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 pH)

Tabla 5

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	709	552	420	430	428

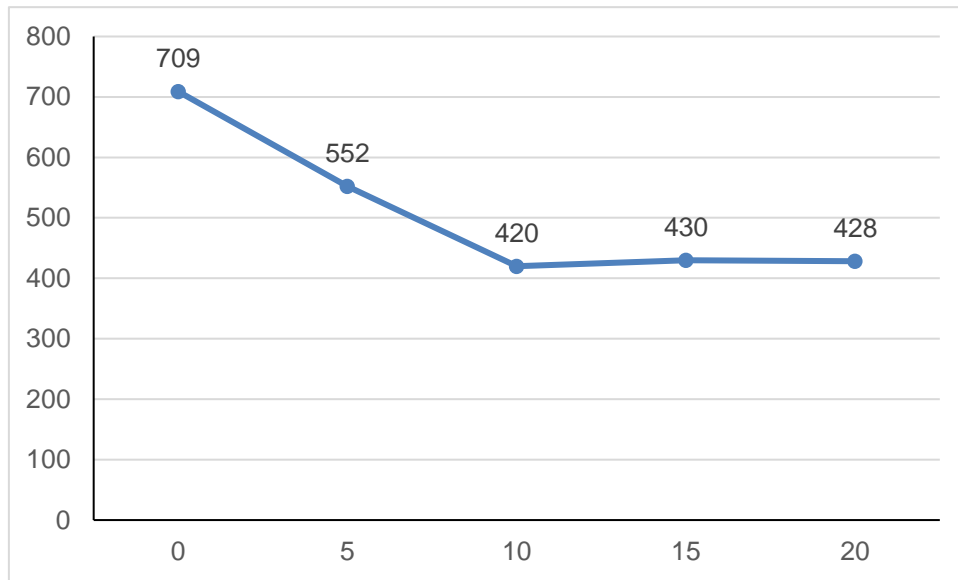


Figura 11. Conductividad vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 11. Se muestra la variación de la conductividad a medida que aumenta la concentración hasta un valor máximo por existir un mayor número de iones dispuestos para la conducción, a partir de un determinado valor de concentración la conductividad empieza a disminuir debido a que los iones dificultan la conducción de la corriente, donde podemos ver que el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 709 $\mu\text{S/cm}$; luego tuvo una conductividad máxima de 552 $\mu\text{S/cm}$ a los 5 minutos y una mínima de 420 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 6

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	505	392	281	311	299

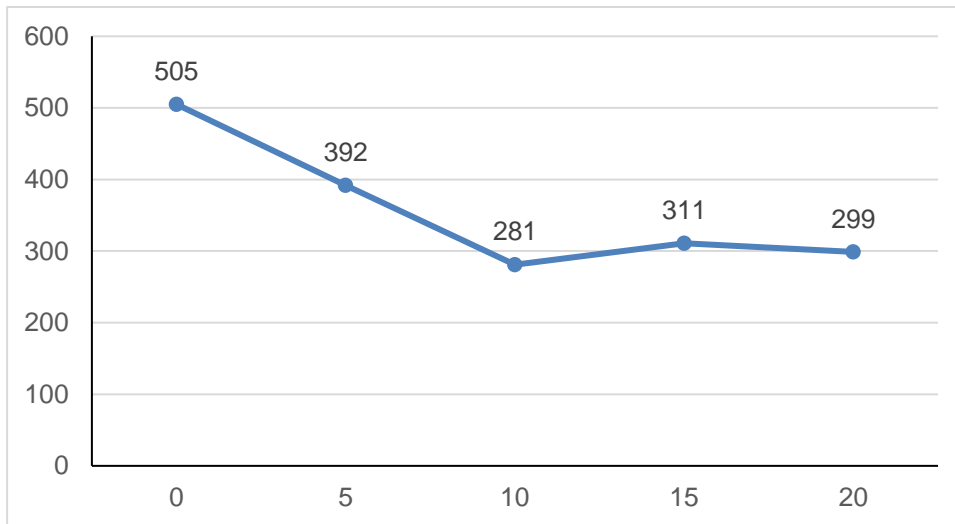


Figura 12. Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 12. Los sólidos totales disueltos precipitan cuando aumenta el tiempo de ebullición, se muestra una variación de acuerdo a los resultados de la medición directa probablemente la mayor concentración de aguas de pozos subterráneos permite estimar la cantidad de materia disuelta y en suspensión, por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 505 mg/L; luego tuvo una máxima de 392 mg/L a los 5 minutos y un mínimo de 281 mg/L a los 10 minutos. Los promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.1.1.3. Muestra Chinchimachay

Tabla 7

Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	654.57	573.30	543.27	497.33	505.30

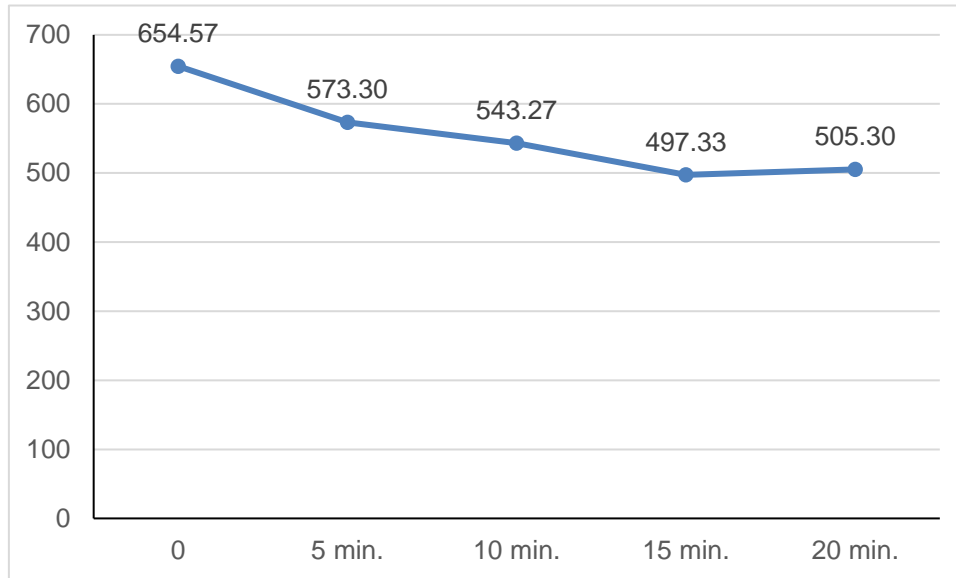


Figura 13 Dureza vs tiempo de la muestra Chinchimachay

En la figura 13. La dureza se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio donde se puede disminuir por ebullición, al mismo tiempo que contribuye a la formación de los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye dejando el agua menos dura; en donde el agua sin ebullición tuvo una dureza de 654.57 mg CaCO₃/L; luego tiene una máxima de 573.30 mg CaCO₃/L a los 5 minutos y una mínima de 497.33 mgCaCO₃/L a los 15 minutos. De acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de dureza es 500mg/L; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 20

pH vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
pH	6.6	8.7	8.7	8.4	8.3

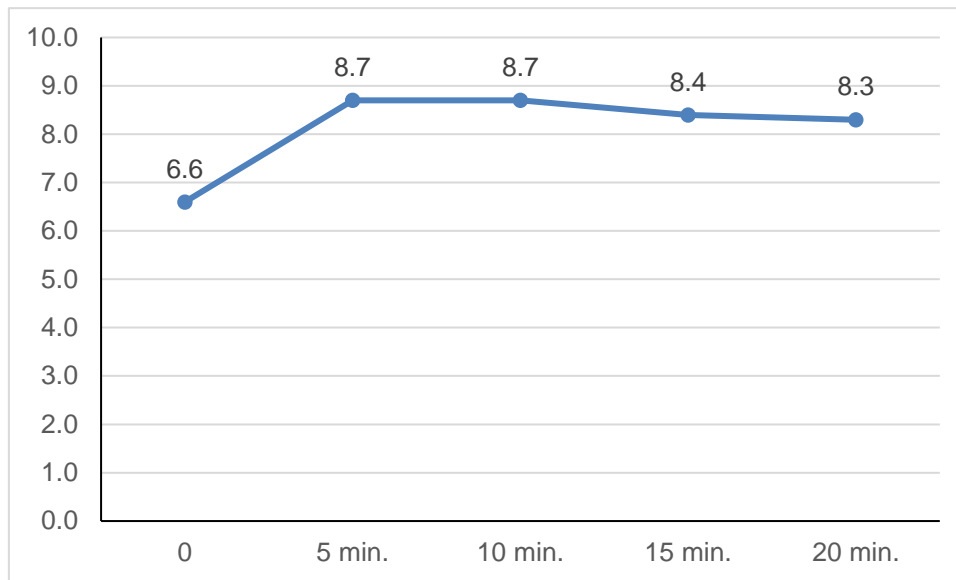


Figura 8. *pH vs tiempo de la muestra Chinchimachay*

En la figura 14. En la mayoría de las aguas subterráneas el valor del pH es controlado por la cantidad de anhídrido carbónico, los carbonatos y bicarbonatos. La composición química del agua subterránea natural se define a partir de los análisis de muestras recogidas adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado; por lo que el agua sin ebullición tiene un pH de 6.6; luego de la ebullición se tuvo un máximo de 8.7 a los 5 minutos y un mínimo de 8.3 a los 20 minutos. Se encontraron dentro de los límites máximo permisibles emitidos por el reglamento de la calidad del agua para consumo humano según el DS N° 031-2010-SA. (6.5 a 8.5 pH)

Tabla 21

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	645	620	621	611	493

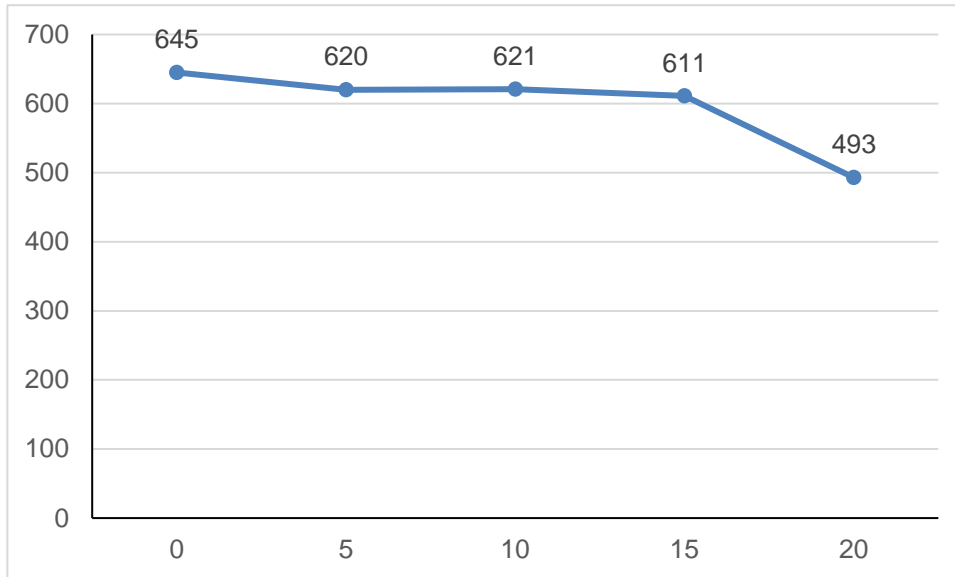


Figura 9. Conductividad vs tiempo de la muestra Chinchimachay

En la figura 15. Se muestra la variación de la conductividad a medida que aumenta la concentración hasta un valor máximo por existir un mayor número de iones dispuestos para la conducción, a partir de un determinado valor de concentración la conductividad empieza a disminuir debido a que los iones dificultan la conducción de la corriente, donde podemos ver que el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 645 $\mu\text{S/cm}$; luego tuvo una máxima de 621 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos y un mínimo de 493 $\mu\text{S/cm}$ a los 20 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 22

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	460	458	451	439	309

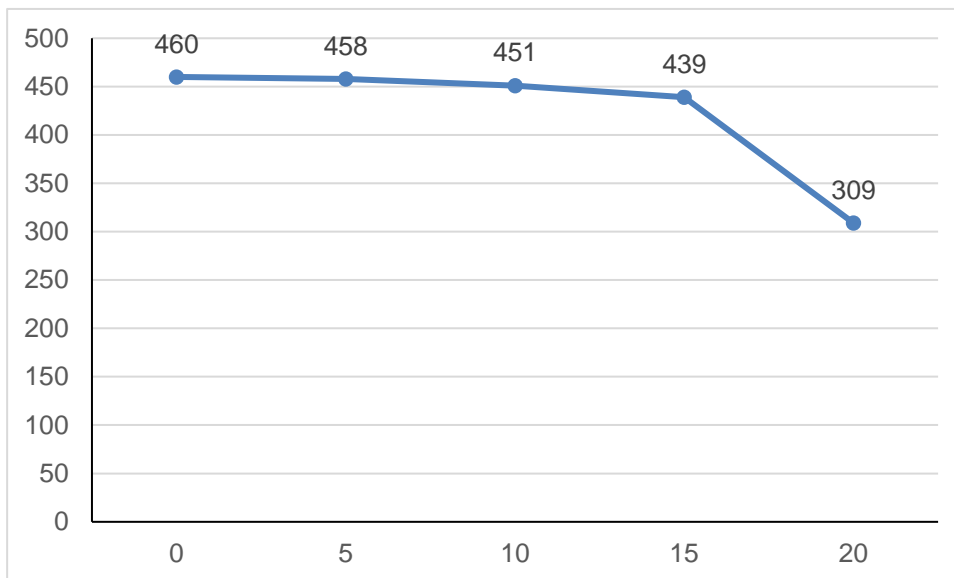


Figura 10. *Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Chinchimachay*

En la figura 16. Los sólidos totales disueltos precipitan cuando aumenta el tiempo de ebullición, la mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración, son iones disueltos, por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 460 mg/L; luego tuvo una máxima de 458 mg/L a los 5 minutos y un mínimo de 309 mg/L a los 20 minutos. Los promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.2.1. Resultados en el mes de enero del 2019

4.2.1.1. Muestra la Molina

Tabla 8

Resultados de la muestra La Molina

Tiempo	0	5	10 min	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	570.83	391.67	360.83	338.33	289.17

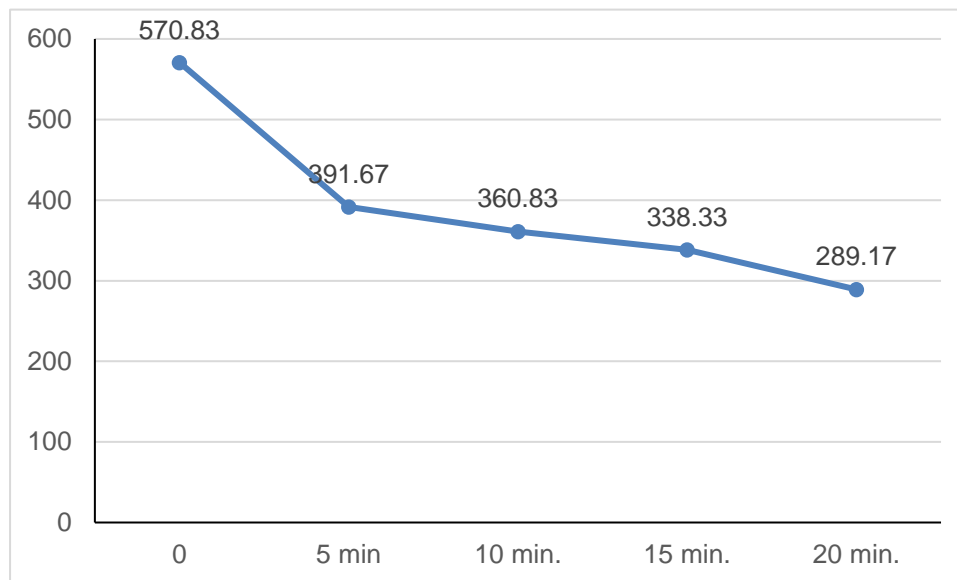


Figura 11. Dureza vs tiempo de la muestra La Molina

En la figura 17. En la dureza la presencia de calcio y magnesio son factores que determinan la alcalinidad del agua; mientras disminuya la concentración de estos parámetros, la alcalinidad también va a disminuir. Por otro lado, la dureza tiene relación con las sales de magnesio, calcio y la alcalinidad, mientras estos aumentan, la dureza aumentará; por lo que el agua sin ebullición tuvo una dureza de 570.83 mg CaCO₃/L; se tuvo una máxima de 391.67 mg CaCO₃/L a los 5 minutos y una mínima de 289.17 mg CaCO₃ /L a los 20 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible la dureza debe ser 500 mg/L.; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 24

pH vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
pH	7.9	8.4	8.5	8.8	9.0

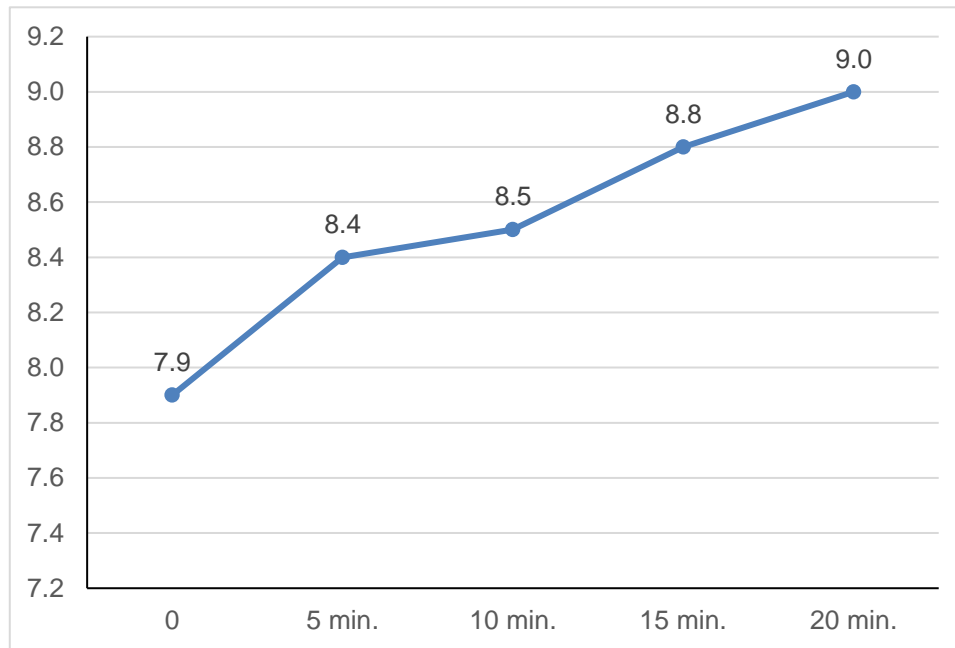


Figura 12. *pH vs tiempo de la muestra La Molina*

En la figura 18. El nivel de pH es un valor numérico que indica la acidez o alcalinidad relativa del agua en una escala de 0 a 14, con neutro a 7. El agua ácida tiene niveles de pH por debajo de 7 y el agua básica o alcalina tiene niveles de pH por encima de 7, Suele oscilar normalmente entre 6,5 y 8 salvo aguas subterráneas que son muy ácidas o muy alcalinas. En donde el agua sin ebullición tuvo un pH de 7.9, tuvo un máximo de 9.0 a los 20 minutos y un mínimo de 8.4 a los 5 minutos. Según el DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles para el consumo humano deben ser de 6.5 a 8.5 pH.

Tabla 9

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	912	704	673	675	682

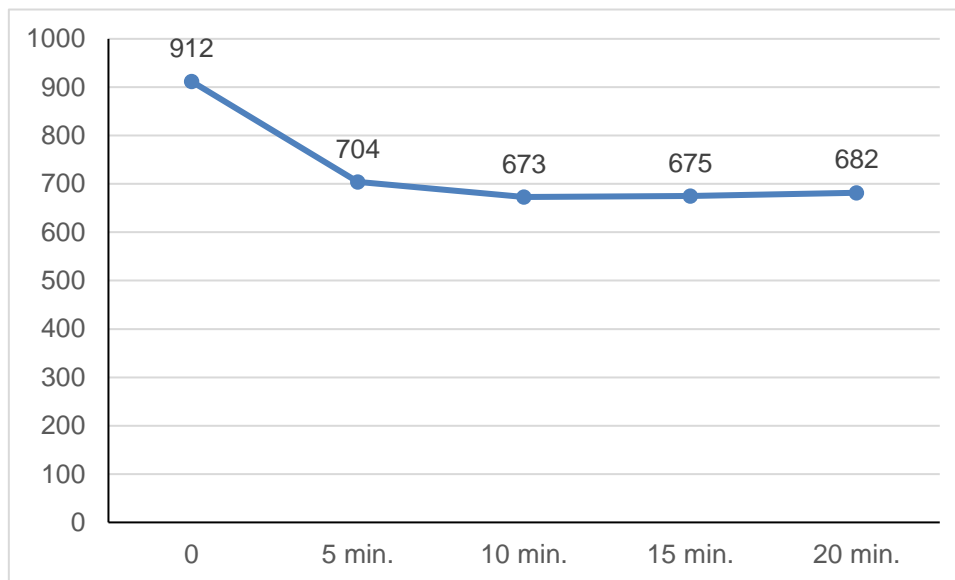


Figura 13 *Conductividad vs tiempo de la muestra La Molina*

En la figura 19, Para la determinar de la conductividad de la muestra de agua se obtuvo la lectura de los valores el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 912 $\mu\text{S/cm}$; luego tuvo una máxima de 704 $\mu\text{S/cm}$ a los 5 minutos y un mínimo de 673 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos, donde de la capacidad de una solución depende de la presencia de iones y de su concentración total, así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 26

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra La Molina

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	648	499	490	496	503

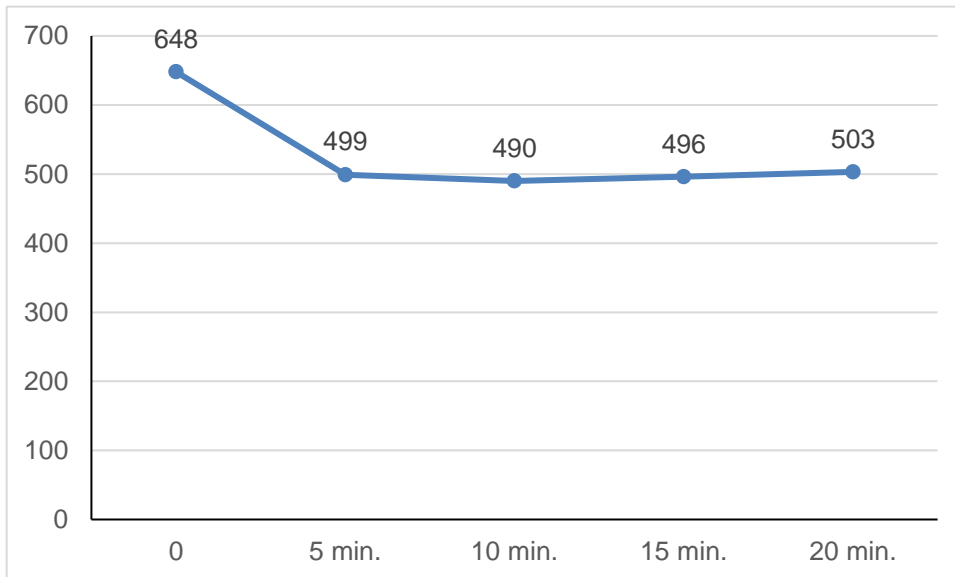


Figura 14. Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra La Molina

En la figura 20, Debido a las diferentes disoluciones de los sólidos totales disueltos precipitan cuando aumenta el tiempo de ebullición, la mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración son iones disueltos; por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 648 mg/L; luego se tuvo un máximo de 503 mg/L a los 20 minutos y un mínimo de 490 mg/L a los 10 minutos, promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.2.1.2. Resultados muestra Huacariz

Tabla 10

Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	540.83	479.17	345.00	305.00	289.17

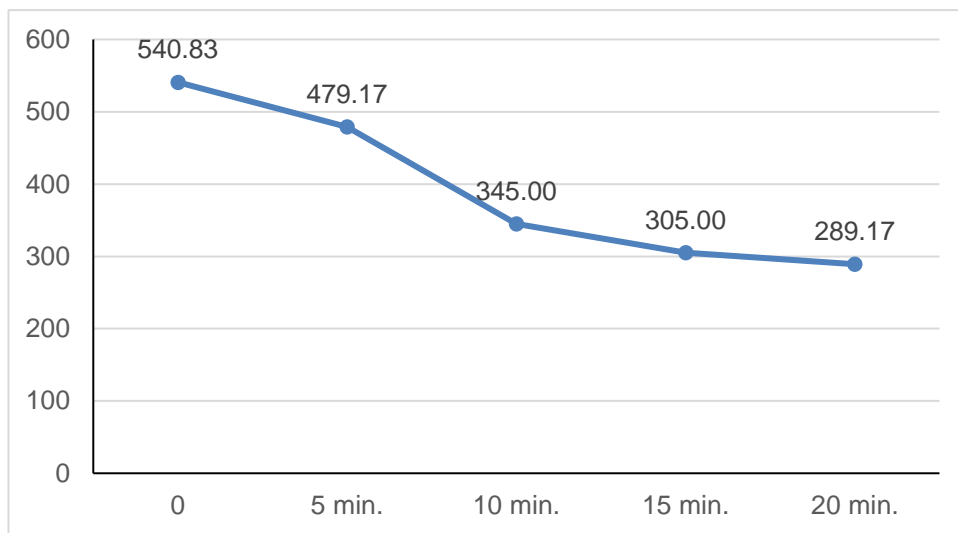


Figura 15. Dureza vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 21. En la dureza la presencia de calcio y magnesio son factores que determinan la alcalinidad del agua; mientras disminuya la concentración de estos parámetros, la alcalinidad también va a disminuir. Por otro lado, la dureza tiene relación con las sales de magnesio, calcio y la alcalinidad, mientras estos aumentan, la dureza aumentará; por lo que el agua sin ebullición tuvo una dureza de 540.83 mg CaCO₃ /L; luego se tuvo una máxima de 479.17 mg CaCO₃ /L a los 5 minutos y una mínima de 289.17 mg CaCO₃ /L a los 20 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible la dureza debe ser 500 mg/L.; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 28

pH vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
p H	7.3	8.3	8.5	9.3	9.3

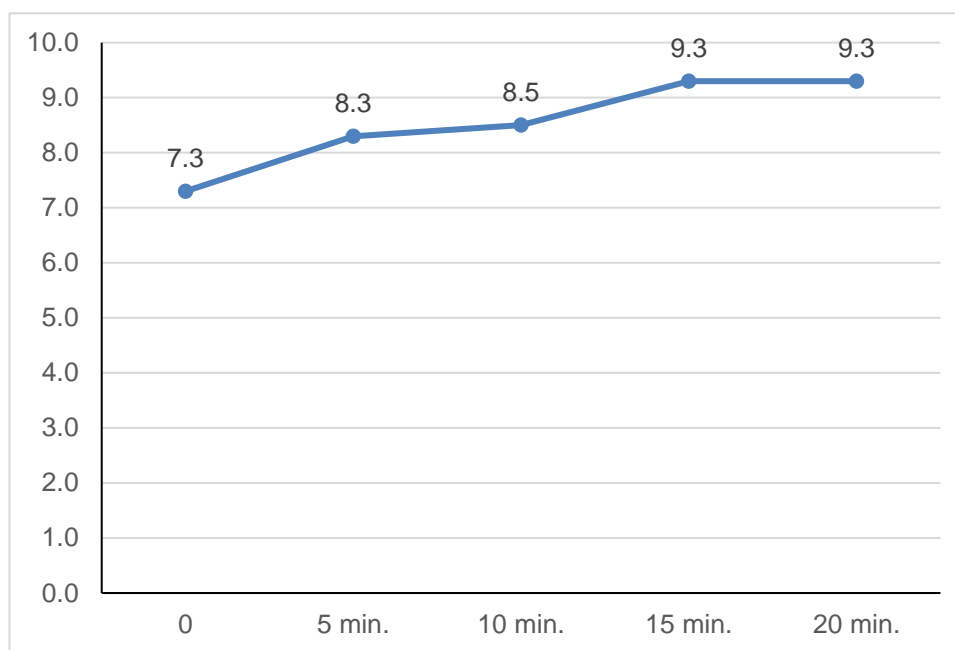


Figura 16 . pH vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 22. El nivel de pH es un valor numérico que indica la acidez o alcalinidad relativa del agua en una escala de 0 a 14, con neutro a 7. El agua ácida tiene niveles de pH por debajo de 7 y el agua básica o alcalina tiene niveles de pH por encima de 7, Suele oscilar normalmente entre 6,5 y 8 salvo aguas subterráneas que son muy ácidas o muy alcalinas. En donde el agua sin ebullición tuvo un pH de 7.3; luego se tuvo un máximo de 9.3 a los 15 minutos y un mínimo de 8.3 a los 5 minutos. Según el DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles para el consumo humano deben ser de 6.5 a 8.5 pH.

Tabla 29

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	747	453	385	390	396

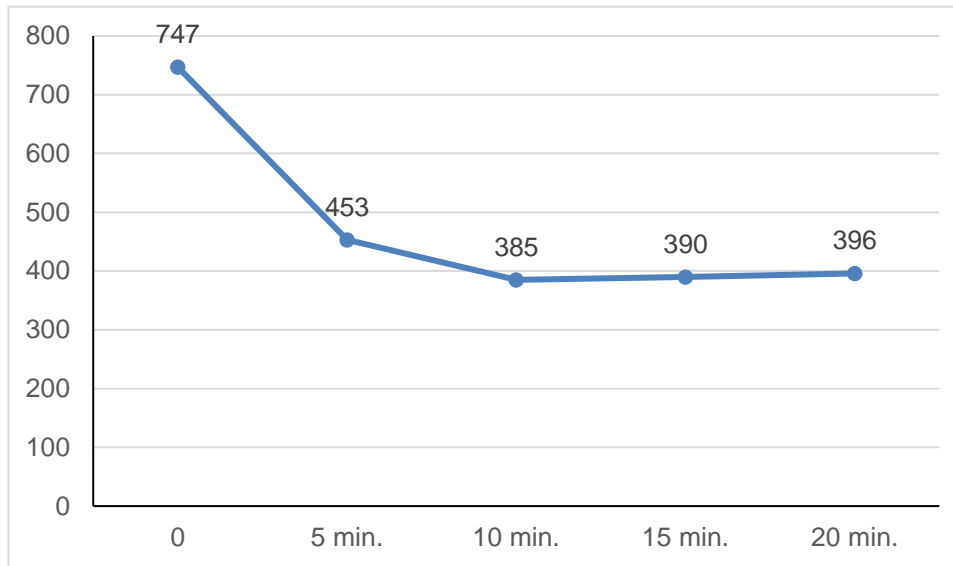


Figura 17. Conductividad vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 23. Para la determinación de la conductividad de la muestra de agua se obtuvo la lectura de los valores el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 747 $\mu\text{S/cm}$; luego tuvo una máxima de 453 $\mu\text{S/cm}$ a los 5 minutos y un mínimo de 385 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos, donde la capacidad de una solución depende de la presencia de iones y de su concentración total, así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 30

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Huacariz

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	532	321	295	293	281

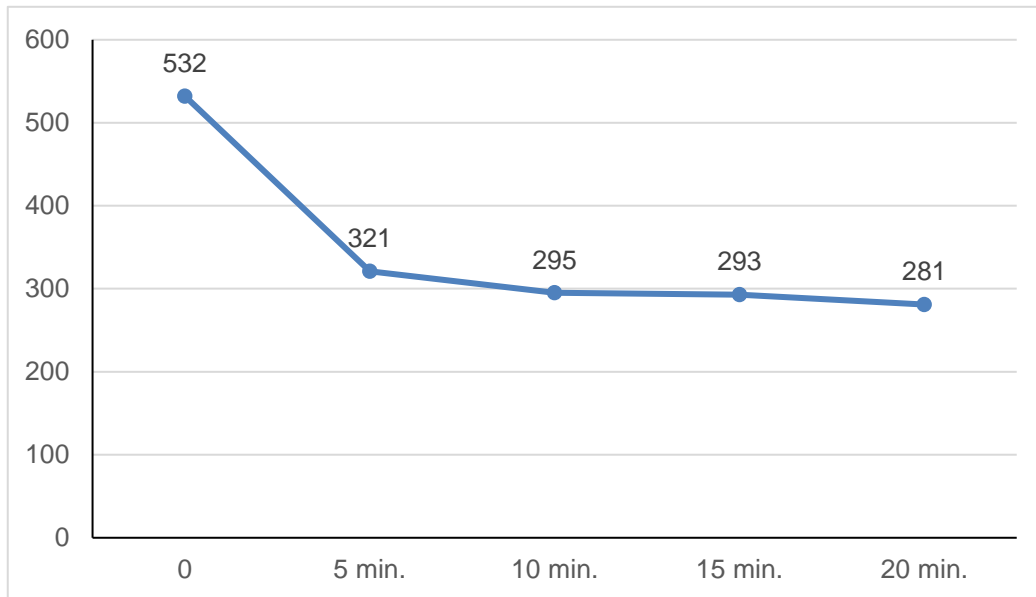


Figura 18. Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Huacariz

En la figura 24, los sólidos totales disueltos precipitan cuando aumenta el tiempo de ebullición, la mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración, son iones disueltos, por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 532 mg/L; luego tuvo una máxima de 321 mg/L a los 5 minutos y un mínimo de 281 mg/L a los 20 minutos. Los promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.2.1.3. Resultados muestra Chinchimachay

Tabla 11

Dureza vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Dureza (mg/L)	469.17	436.67	414.17	412.50	380.83

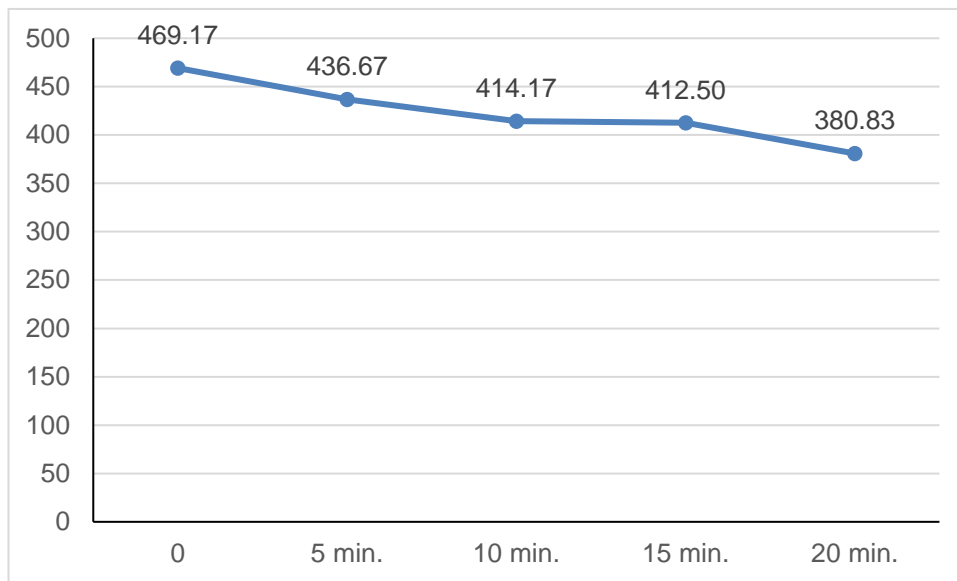


Figura 19. Dureza vs tiempo de la muestra Chinchimachay

En la figura 25. En la dureza la presencia de calcio y magnesio son factores que determinan la alcalinidad del agua; mientras disminuya la concentración de estos parámetros, la alcalinidad también va a disminuir. Por otro lado, la dureza tiene relación con las sales de magnesio, calcio y la alcalinidad, mientras estos aumentan, la dureza aumentará; por lo que el agua el agua sin ebullición tuvo una dureza de 469.17 mg CaCO₃/L; luego tuvo una máxima de 436.67 mg CaCO₃/L a los 5 minutos y una mínima de 380.83 mg CaCO₃/L a los 20 minutos. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible la dureza debe ser 500 mg/L.; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 12

pH vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
pH	6.7	8.6	8.7	9.0	9.1

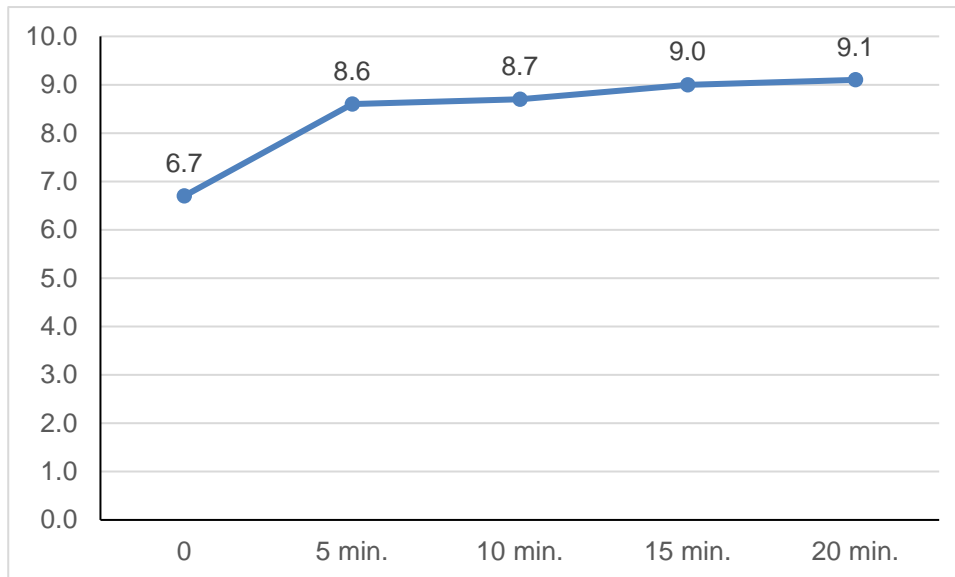


Figura 20. pH vs tiempo de la muestra Chinchimachay

En la figura 26. El nivel de pH es un valor numérico que indica la acidez o alcalinidad relativa del agua en una escala de 0 a 14, con neutro a 7. El agua ácida tiene niveles de pH por debajo de 7 y el agua básica o alcalina tiene niveles de pH por encima de 7, Suele oscilar normalmente entre 6,5 y 8 salvo aguas subterráneas que son muy ácidas o muy alcalinas. En donde el agua sin ebullición tuvo un pH de 6.7; tuvo un máximo de 9.1 a los 20 minutos y un mínimo de 8.6 a los 5 minutos. Según el DS N° 031-2010-SA, los límites máximos permisibles para el consumo humano deben ser de 6.5 a 8.5 pH.

Tabla 13

Conductividad vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Conductividad $\mu\text{S/cm}$	660	654	605	630	646

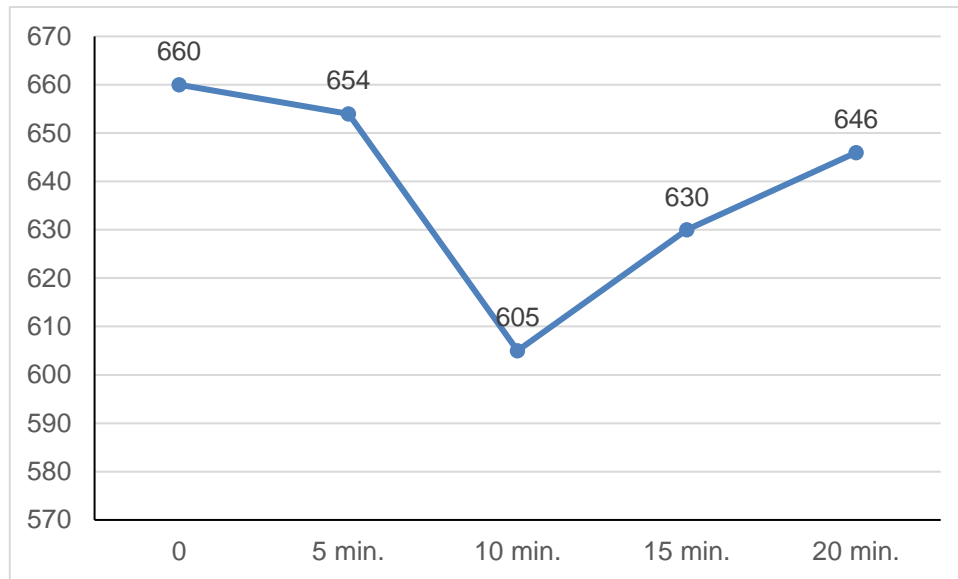


Figura 21 Conductividad vs tiempo de la muestra Chinchimachay

En la figura 27. La conductividad de la muestra de agua se obtuvo la lectura de los valores, en donde el agua sin ebullición tuvo una conductividad de 660 $\mu\text{S/cm}$; luego tuvo una máxima de 654 $\mu\text{S/cm}$ a los 5 minutos y un mínimo de 605 $\mu\text{S/cm}$ a los 10 minutos, donde la capacidad de una solución depende de la presencia de iones y de su concentración total, así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. De acuerdo al Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA, el límite permisible de conductividad es 1500 $\mu\text{S/cm}$; los valores medidos se encuentran por debajo del límite permisible.

Tabla 14

Sólidos totales disueltos vs tiempo de ebullición de la muestra Chinchimachay

Tiempo	0	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.
Sólidos totales disueltos	470	465	428	451	460

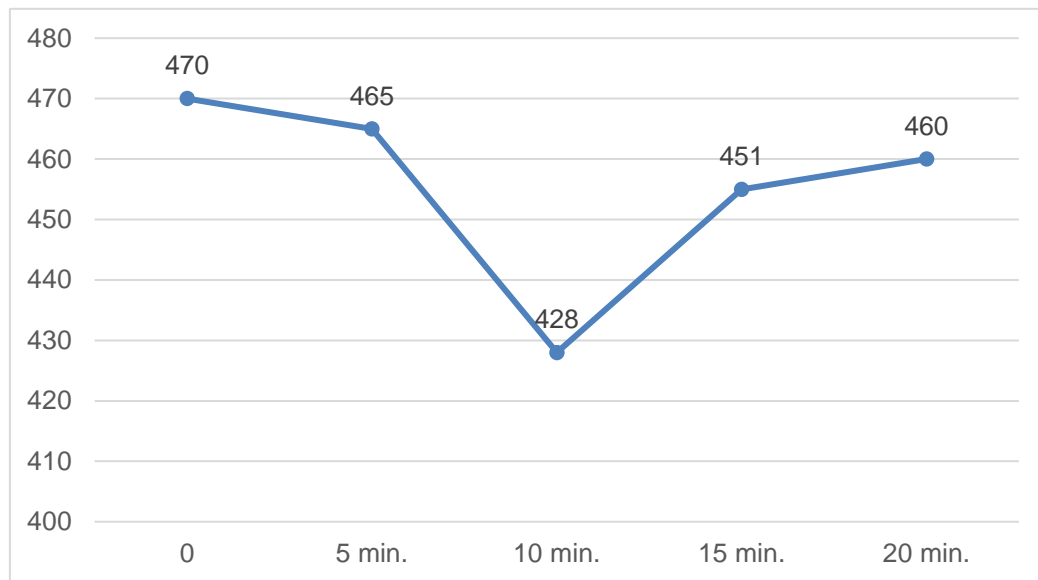


Figura 22. Sólidos totales disueltos vs tiempo de la muestra Chinchimachay

Como se observa en la figura 28, los sólidos totales disueltos precipitan cuando aumenta el tiempo de ebullición, la mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración, son iones disueltos, por lo que el agua sin ebullición tuvo una cantidad de sólidos totales disueltos de 470 mg/L; luego tuvo una máxima de 465 mg/L a los 5 minutos y un mínimo de 428 mg/L a los 10 minutos. Los promedios que se encontraron por debajo de los límites máximo permisibles (1000 mg/L) emitidos por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 0312010-SA.

4.2. Correlación entre parámetros de las variables mes de diciembre 2018

4.2.1. Muestra La Molina

Tabla 15

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra La Molina - diciembre

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad	Solidos totales disueltos
Tiempo	1					
Dureza	-0.87756633	1				
Temperatura	-0.67629493	0.93195655	1			
PH	0.9470892	-0.86820113	-0.742965256	1		
Conductividad	-0.16008547	0.595439	0.725292163	-0.14559799	1	
Solidos totales disueltos	-0.20231575	0.62790703	0.745372178	-0.18445538	0.999005511	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de -0.87756633, así mismo podemos ver que el pH y el tiempo tiene una relación de 0.9470892, así mismo los sólidos con la conductividad tiene una relación de 0.999005511.

4.2.2. Muestra Huacariz

Tabla 16

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra Huacariz – diciembre

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad	Solidos totales disueltos
Tiempo	1					
Dureza	-0.90024484	1				
Temperatura	-0.81154307	0.8787177	1			
PH	0.78429432	-0.86977927	-0.562703636	1		
Conductividad	-0.864751	0.88912205	0.663087893	-0.97205093	1	
Solidos totales disueltos	-0.84076335	0.84639881	0.603822676	-0.9677631	0.996201148	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de -0.90024484, así mismo podemos ver que el pH y el tiempo tiene una relación de 0.78429432, así mismo los sólidos con la conductividad tiene una relación de 0.996201148.

4.2.3. Muestra Chinchimachay

Tabla 17

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra Chinchimachay - diciembre

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad	Solidos totales disueltos
Tiempo	1					
Dureza	-0.93098677	1				
Temperatura	-0.60639214	0.80497294	1			
PH	0.54349265	-0.76236909	-0.996901948	1		
Conductividad	-0.82436957	0.6076741	0.34477528	-0.27570661	1	
Solidos totales disueltos	-0.78717149	0.53277278	0.217320079	-0.14509011	0.990176052	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de -0.93098677, así mismo podemos ver que el pH y la temperatura tiene una relación de -0.996901948, así mismo los sólidos con la conductividad tiene una relación de 0.990176052.

4.3. Correlación entre parámetros de las variables mes de enero 2019

4.3.1. Muestra La Molina

Tabla 38

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra La Molina - enero

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
Tiempo	1					
Dureza	-0.90539043	1				
Temperatura	-0.67629493	0.90357299	1			
PH	0.97713984	-0.96341136	-0.794761278	1		
Conductividad (μ S/cm)	-0.75119905	0.95209275	0.985256225	-0.84880115	1	
Solidos totales disueltos (mg/L)	-0.68434786	0.92365136	0.988582707	-0.79984599	0.99448571	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de -0.90539043, así mismo podemos ver que el pH y tiempo tiene una relación de 0.97713984, así mismo los sólidos con la conductividad tiene una relación de 0.99448571.

4.3.2. Muestra Huacariz

Tabla 18

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra Huacariz - enero

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad (μ S/cm)	Sólidos totales disueltos (mg/L)
Tiempo	1					
Dureza	-0.92456838	1				
Temperatura	-0.81154307	0.80555692	1			
PH	0.95311606	-0.86473082	-0.85747416	1		
Conductividad (μ S/cm)	-0.78064964	0.72763253	0.57212978	-0.88126609	1	
Sólidos totales disueltos (mg/L)	-0.79145745	0.70515657	0.56370207	-0.88893838	0.99608335	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de 0.92456838, así mismo podemos ver que el pH y tiempo tiene una relación de 0.95311606, así mismo los sólidos con la conductividad tienen una relación de 0.99608335.

4.3.3. Muestra Chinchimachay

Tabla 40

Correlación entre parámetros de las variables de la muestra Chinchimachay - enero

	Tiempo	Dureza	Temperatura	PH	Conductividad (μ S/cm)	Solidos totales disueltos (mg/L)
Tiempo	1					
Dureza	-0.97033351	1				
Temperatura	-0.60639214	0.717513864	1			
PH	0.83644959	-0.88647215	-0.93843625	1		
Conductividad (μ S/cm)	-0.37218892	0.440585139	0.545438297	-0.49974856	1	
Solidos totales disueltos (mg/L)	-0.32494624	0.414848234	0.537840427	-0.46826395	0.994619811	1

Como se aprecia en la tabla que la dureza con el tiempo tiene una relación modernamente inversa de -0.97033351, así mismo podemos ver que el pH y la temperatura tiene una relación de -0.93843625, así mismo los sólidos con la conductividad tiene una relación de 0.994619811.

4.4. Conclusiones

La influencia del tiempo de ebullición en la dureza tiene una relación moderadamente inversa, como se demuestra con el coeficiente de correlación de Pearson en las muestras de agua de La Molina, Huacariz y Chinchimachay, la conductividad también presenta una correlación moderadamente inversa en el mes diciembre y enero, los sólidos totales disueltos, tienen una relación moderadamente inversa, el pH tiene una relación moderadamente positiva como se demuestra en el mes de diciembre y enero respectivamente.

En la Molina, la dureza en promedio sin ebullición es de 580.02mg/L, y en 20 minutos de ebullición, bajó a un mínimo 324.78 mg/L, el pH en promedio sin ebullición es de 7.7 y a los 20 minutos sube a 9.0. La conductividad en promedio sin ebullición es de 863.5 μ S/cm y a los 20 minutos baja a un mínimo de 719 μ S/cm. Los sólidos totales disueltos en promedio sin ebullición son de 615.5 mg/L, y a los 20 minutos se logró un mínimo de 519mg/L. En Huacariz. la dureza en promedio sin ebullición es de 579.53mg/L, y en 20 minutos de ebullición, bajó a un mínimo 296.50mg/L, el pH en promedio sin ebullición es de 7.3 y a los 20 minutos sube a 8.9. La conductividad en promedio sin ebullición es de 728 μ S/cm y a los 20 minutos baja a un mínimo de 412 μ S/cm. Los sólidos totales disueltos en promedio sin ebullición son de 518.5 mg/L, y a los 20 minutos se logró un mínimo de 290 mg/. En Chinchimachay .la dureza en promedio sin ebullición es de 561.87 mg/L, y en 20 minutos de ebullición, bajó a un mínimo 443.01mg/L, el pH en promedio sin ebullición es de 6.7 y a los 20 minutos sube a 8.7. La conductividad en promedio sin ebullición es de 652.5 μ S/cm y a los 20 minutos baja a un mínimo de 594.5 μ S/cm. Los sólidos totales disueltos en promedio sin ebullición son de 465 mg/L, y a los 20 minutos se logró un mínimo de 358.5 mg/L.

De acuerdo con la concentración de los parámetros analizados se determinó que el tiempo de ebullición en todas las muestras y en los dos periodos de muestreo debe de ser diez minutos, porque pasados los 10 minutos, el pH sube a más de 8.5 de acuerdo al DS N° 031-2010-SA estarían dentro de los Límites máximos permisibles.

REFERENCIAS

- Aguirre, B. M. T. (2016). Estudio Físicoquímico de la calidad del agua del río cacra, región Lima Tesis, 94.
- Chulluncuy-Camacho, N. C. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.232>.
- Iglesias Rosado, C., Villarino Marin, A. L., Martinez, J. A., Cabrerizo, L., Gargallo, M., Lorenzo, H., Salas-Salvado, J. (2011). Importancia del agua en la hidratacion de la poblacion espanola.
- Documento Fesnad 2010. Nutricion Hospitalaria, 26(1), 27–36. <https://doi.org/10.3305/nh.2011.26.1.5167>.
- Millan, F., Mathison, J., Alvares, M., & Jarbouh, W. (2003). Estudio comparativo de la dureza del agua en el estado Merida y algunas localidades del centro y occidente de Venezuela. *Ciencia e Ingeniería*, 24(1), 39–46. Retrieved from. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/366/376>
- Minam Ministerio del Ambiente. (2017). DS N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua), 10–19.
- Oviedo Millones, T. S. (2013). Significado de la asimetría estadística en los alumnos de economía de la UNAC. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*. Retrieved from. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4579>
- Pacheco Ávila, J. C. S. A. P. C. R. (2004). *Ingeniería revista académica. Ingeniería* (Vol. 8). Universidad Autónoma de Yucatán. Retrieved from <https://www.redalyc.org/html/467/46780214/>
- S, M.-E. M. Z. M. R. L. E. O.-R. (2002). Prevalence and risk factors of urinary lithiasis in Yucatán, México. TT - Prevalencia y factores de riesgo en Yucatán, México, para litiasis urinaria. *Salud Pública de México*, 44(6), 541–545. Retrieved from. http://www.insp.mx/salud/44/eng/i446_a_2.pdf
- Salvador, U. D. E. E. L. (2013). elaboración de un filtro a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable., 119.
- Sigler, A., & Bauder, J. (2017). Alcalinidad, pH, y Solidos Disueltos Totales. Northern Plains & Mountains, 8.

- Vitoria, I., Minana, I. V., Hospital, P., Alcanys, L., Valencia, X., & Salud, D. De. (2016). Calcio en el agua de bebida en la infancia: ¿molesto o necesario ?, (September). Retrieved from.

[https://www.researchgate.net/profile/Isidro_Vitoria/publication/267242730_Calcio_en el agua de bebida en la infancia molesto o necesario/links/54a6c2d50cf256bf8 bb697a7.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Isidro_Vitoria/publication/267242730_Calcio_en_el_agua_de_bebida_en_la_infancia_molesto_o_necesario/links/54a6c2d50cf256bf8bb697a7.pdf).

- ANA. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos [Internet]. [Cited 2015 Feb 28]. Available from: [http://www.gwp.org/Global/GWPSAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-Protocolo-Ana Peru.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWPSAm_Files/Publicaciones/Varios/2011-Protocolo-Ana_Peru.pdf).

http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf

<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

<https://www.google.com/search?q=que+son+los+Imp&oq=que+son+los+Imp&aqs=chrome.69i57.4055j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.

ANEXOS

PUNTO DE MUESTREO - HUACARIZ



Punto de ubicación

Coordenadas UTM: 778481E - 9203250N

PUNTO DE MUESTREO - CHINCHIMACHAY



Punto de ubicación

Coordenadas UTM: 773655E - 9211178N

PUNTO DE MUESTREO - LA MOLINA



Punto de ubicación

Coordenadas UTM: 774446E - 9210210N



Preparación de la muestra ante de la ebullición

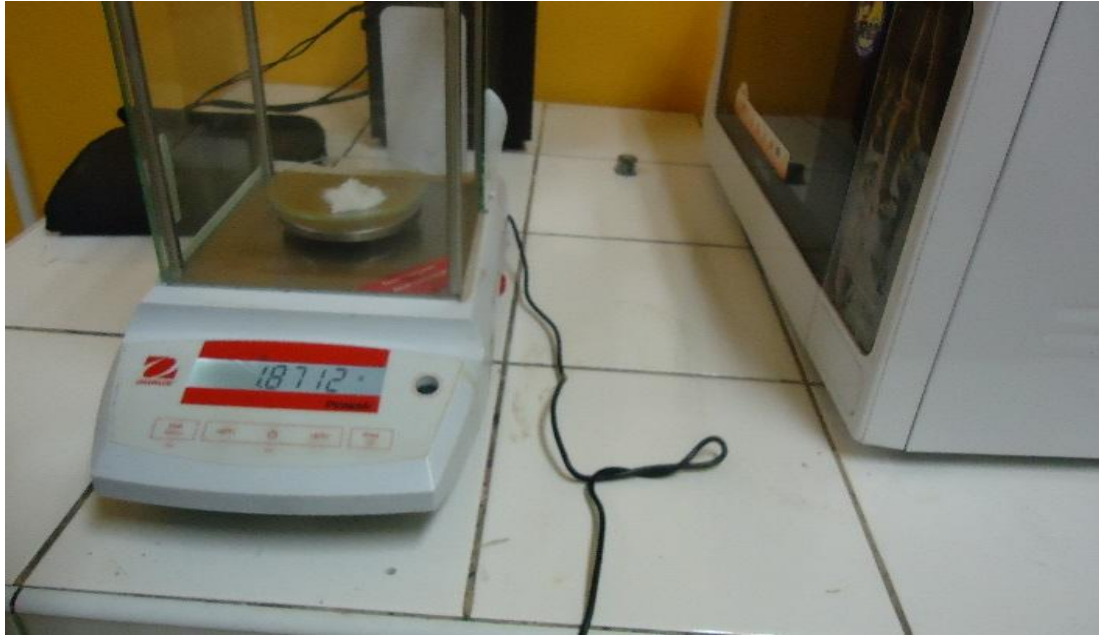


Inicio del calentamiento de la muestra

Toma de tiempo de ebullición



Fin del tiempo de ebullición



Medición de la masa de la muestra



Preparación del EDTA al 0.01mg/L



Titulación de la muestra para determinar la dureza

Muestras tomadas en el mes de diciembre del año 2018

MUESTRA 1				MUESTRA 2				MUESTRA 3			
Temperatura	PH	Conductividad	STD	Temperatura	PH	Conductividad	STD	Temperatura	PH	Conductividad	STD
24	7.5	815	583	21.0	7.3	709	505	26.5	6.6	645	460
21.4	8.2	700	497	20.9	8.2	552	392	20.5	8.7	620	458
21.3	8.1	698	495	20.7	8.5	420	281	20.6	8.7	621	451
21	9	768	546	19.4	8.4	430	311	21.2	8.4	611	439
21.6	9	756	535	20	8.4	428	299	21.3	8.3	493	309

	Muestra 1 - LAMOLINA			Muestra 2 - HUACARIZ			Muestra 3 - CHINCHIMACHAY		
	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sin Tratamiento	588.3	596.3	583	516.8	503.5	474.4	646.6	660	657
5 min.	439.9	437.3	447.9	405.5	400.2	368.4	572.4	578	570
10 min.	421.4	408.1	405.5	389.6	376.3	384.3	545.9	541	543
15 min.	400.2	397.5	402.8	291.5	286.2	286.2	477	504	512
20 min.	355.1	357.8	368.4	306.4	301.7	303.3	486.7	483.3	490.7

$$\text{Dureza} \frac{(\text{CaCO}_3)}{\text{L}} = \frac{\text{V. Edta} \times \text{factor} \times 1000}{\text{V. muestra (mL)}}$$

Factor = 1.325

Vol. de muestra = 50 m L

Muestras tomadas en el mes de enero del año 2019

	MUESTRA 1 - LA MOLINA			MUESTRA 2 - HUACARIZ			MUESTRA 3 - CHINCHIMACHAY		
	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición	Repetición
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Sin Tratamiento	572.5	570	570	545	540	537.5	472.5	470	465
5 min.	395	392.5	387.5	487.5	477.5	472.5	435	440	435
10 min.	350	370	362.5	350	340	345	420	412.5	410
15 min.	345	337.5	332.5	305	312.5	297.5	420	407.5	410
20 min.	295.5	275	295	295	285	287.5	380	377.5	385

	MUESTRA 1				MUESTRA 2				MUESTRA 3			
	Temperatura	PH	Conductividad	STD	Temperatura	PH	Conductividad	STD	Temperatura	PH	Conductividad	STD
	24.0	7.9	912	648	21	7.3	747	532	26.5	6.7	660	470
	21.4	8.4	704	499	20.9	8.3	453	321	20.5	8.6	654	465
	21.3	8.5	673	490	20.7	8.5	385	295	20.6	8.7	605	428
	21.0	8.8	675	496	19.4	9.3	390	293	21.2	9	630	451
	21.6	9.0	682	503	20	9.3	396	281	21.3	9.1	646	460

$$\text{Dureza} \frac{(\text{CaCO}_3)}{\text{L}} = \frac{\text{V. Edta} \times \text{factor} \times 1000}{\text{V. muestra (mL)}}$$

Factor = 1.250

Vol. de muestra = 50 m L

ANEXO I

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL o 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL o 44.5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL o 44.5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL o 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoos potogénos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoos, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de análisis por el método del NMP por tubos múltiples = < 1.8 / 100 ml

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escolo Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6.5 o 8.5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mqL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mq Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mq SO ₄ ⁼ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mq CoCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoniaco	mq N L ⁻¹	1.5
12. Hierro	mq Fe L ⁻¹	0.3
13. Manganeso	mq Mn L ⁻¹	0.4
14. Aluminio	mq Al L ⁻¹	0.2
15. Cobre	mq Cu L ⁻¹	2.0
16. Zinc	mq Zn L ⁻¹	3.0
17. Sodio	mq No L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrico de turbiedad

ANEXO III

 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mq Sb L ⁻¹	0.020
2. Arsénico (nota 1)	mq As L ⁻¹	0.010
3. Borio	mq Bo L ⁻¹	0.700
4. Boro	mq B L ⁻¹	1.500
5. Codmio	mq Cd L ⁻¹	0.003
6. Cionuro	mq CN ⁻ L ⁻¹	0.070
7. Cloro (nota 2)	mq L ⁻¹	5
8. Clorito	mq L ⁻¹	0.7
9. Cloroto	mq L ⁻¹	0.7
10. Cromo total	mq Cr L ⁻¹	0.050
11. Flúor	mq F L ⁻¹	1.000
12. Mercurio	mq Hq L ⁻¹	0.001
13. Niquel	mq Ni L ⁻¹	0.020
14. Nitrotos	mq NO ₃ L ⁻¹	50.00
15. Nitritos	mq NO ₂ L ⁻¹	3.00 Exposición corto 0.20 Exposición lorqo
16. Plomo	mq Pb L ⁻¹	0.010
17. Selenio	mq Se L ⁻¹	0.010
18. Molibdeno	mq Mo L ⁻¹	0.07
19. Uronio	mq U L ⁻¹	0.015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Triholometonos totoles (nota 3)		1.00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; oseite mineral	mqL ⁻¹	0.01
3. Aceites y qrosos	mqL ⁻¹	0.5
4. Alocloro	mqL ⁻¹	0.020
5. Aldicorb	mqL ⁻¹	0.010
6. Aldrín y dieldrín	mqL ⁻¹	0.00003
7. Benceno	mqL ⁻¹	0.010
8. Clordono (total de isómeros)	mqL ⁻¹	0.0002
9. DDT (total de isómeros)	mqL ⁻¹	0.001
10. Endrín	mqL ⁻¹	0.0006
11. Gommo HCH (lindono)	mqL ⁻¹	0.002
12. Hexoclorobenceno	mqL ⁻¹	0.001
13. Heptocloro y heptocloroepóxido	mqL ⁻¹	0.00003
14. Metoxicloro	mqL ⁻¹	0.020
15. Pentoclorofenol	mqL ⁻¹	0.009
16. 2.4-D	mqL ⁻¹	0.030
17. Acrilomido	mqL ⁻¹	0.0005
18. Epiclorhidrino	mqL ⁻¹	0.0004
19. Cloruro de vinilo	mqL ⁻¹	0.0003
20. Benzopireno	mqL ⁻¹	0.0007
21. 1.2-dicloroetono	mqL ⁻¹	0.03
22. Tetrocloroeteno	mqL ⁻¹	0.04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloromino	mqL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mqL ⁻¹	0.07
25. Tetrocloruro de carbono	mqL ⁻¹	0.004
26. Ftoloto de di (2-etilhexilo)	mqL ⁻¹	0.008
27. 1.2- Diclorobenceno	mqL ⁻¹	1
28. 1.4- Diclorobenceno	mqL ⁻¹	0.3
29. 1.1- Dicloroeteno	mqL ⁻¹	0.03
30. 1.2- Dicloroeteno	mqL ⁻¹	0.05
31. Diclorometono	mqL ⁻¹	0.02
32. Ácido edético (EDTA)	mqL ⁻¹	0.6
33. Etilbenceno	mqL ⁻¹	0.3
34. Hexoclorobutodieno	mqL ⁻¹	0.0006
35. Acido Nitrilotriocético	mqL ⁻¹	0.2
36. Estireno	mqL ⁻¹	0.02
37. Tolueno	mqL ⁻¹	0.7
38. Xileno	mqL ⁻¹	0.5
39. Atrozino	mqL ⁻¹	0.002
40. Corbofurono	mqL ⁻¹	0.007
41. Clorotoluron	mqL ⁻¹	0.03
42. Cionozino	mqL ⁻¹	0.0006
43. 2.4- DB	mqL ⁻¹	0.09
44. 1.2- Dibromo-3- Cloropropono	mqL ⁻¹	0.001
45. 1.2- Dibromoetono	mqL ⁻¹	0.0004
46. 1.2- Dicloropropono (1.2- DCP)	mqL ⁻¹	0.04
47. 1.3- Dicloropropeno	mqL ⁻¹	0.02
48. Dicloroprop	mqL ⁻¹	0.1
49. Dimetoto	mqL ⁻¹	0.006
50. Fenoprop	mqL ⁻¹	0.009
51. Isoproturon	mqL ⁻¹	0.009
52. MCPA	mqL ⁻¹	0.002
53. Mecoprop	mqL ⁻¹	0.01
54. Metolocloro	mqL ⁻¹	0.01
55. Molinoto	mqL ⁻¹	0.006
56. Pendimetolino	mqL ⁻¹	0.02
57. Simozino	mqL ⁻¹	0.002
58. 2.4.5- T	mqL ⁻¹	0.009
59. Terbutilozino	mqL ⁻¹	0.007
60. Triflurolino	mqL ⁻¹	0.02
61. Cloropirifos	mqL ⁻¹	0.03
62. Piriproxifeno	mqL ⁻¹	0.3
63. Microcistin-LR	mqL ⁻¹	0.001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mqL ⁻¹	0.01
65. Bromodiclorometano	mqL ⁻¹	0.06
66. Bromoformo	mqL ⁻¹	0.1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldedo)	mqL ⁻¹	0.01
68. Cloroformo	mqL ⁻¹	0.2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mqL ⁻¹	0.07
70. Dibromoacetnitrilo	mqL ⁻¹	0.1
71. Dibromoclorometano	mqL ⁻¹	0.05
72. Dicloroacetato	mqL ⁻¹	0.02
73. Dicloroacetnitrilo	mqL ⁻¹	0.9
74. Formoldehído	mqL ⁻¹	0.02
75. Monocloroacetato	mqL ⁻¹	0.2
76. Tricloroacetato	mqL ⁻¹	0.2
77. 2.4.6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sonitorio el plazo por lo que el límite máximo permisible por el arsénico de 0.010 mqL⁻¹.

Nota 2: Por lo que una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 mqL⁻¹.

Nota 3: Lo sumo de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodiclorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1.00 de acuerdo con lo siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{Cloroformo}}}{LMP_{\text{Cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodiclorometano}}}{LMP_{\text{Bromodiclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mq/L. y LMP: límite máximo permisible en mq/L

ANEXO IV
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS RADIACTIVOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Dosis de referencio total (nota 1)	mSv/año	0.1
2. Actividad global α	Bq/L	0.5
3. Actividad global β	Bq/L	1.0

Nota 1: Si la actividad global α de uno muestra es mayor o 0.5 Bq/L o la actividad global β es mayor o 1 Bq/L. se deberán determinar los concentraciones de los distintos radionúclidos y calcular la dosis de referencio total; si éste es mayor o 0.1 mSv/año se deberán exominar medidas correctivos; si es menor o 0.1 mSv/año el oquo se puede seguir utilizando poro el consumo.

ANEXO V
AUTORIZACION SANITARIA, REGISTRO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Componente del Sistema de Abastecimiento	Registro		Autorización Sanitaria		Aprobaciones	
	¿Requiere?	Entidad que registro	¿Requiere?	Entidad que outorizo	¿Requiere?	Entidad que outorizo
Fuente de abostecimiento de oquo	SI	DIRESA, GRS, DISA				
Sistemas de abostecimiento de oquo	SI	DIRESA, GRS, DISA				
Plantos de tratamiento de oquo potable			SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS		
Plan de control de calidad (PCC)					SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS
Planes de Adecuación sonitorio (PAS)					SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS
Surtidores de oquo			SI	DIRESA, GRS, DISA		
Comiones cisterno			SI	DIRESA, GRS		
Desinfectantes de oquo	SI	DIGESA (1), DIRESA, GRS				

(1) Nota: De acuerdo o lo décimo disposición transitorio, complementario y final.