

Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**“CONSUMO DE AGUA DURA EN LA POBLACIÓN DE LAS  
IRRIGACIONES DE LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILI –  
AREQUIPA 2016”**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR:

**MOLINA QUENAYA, SHAMINY SILVIA**

ASESOR

Dra. URIBE HERNANDEZ IRENE CECILIA

JURADO

Dr. BOLÍVAR JIMÉNEZ JOSE LUIS

Dra. TAFUR ANZUALDO VICENTE IRENE

Dr. VALENCIA POMAREDA JORGE

LIMA – PERÚ  
2019

**CONSUMO DE AGUA DURA EN LA POBLACIÓN DE  
LAS IRRIGACIONES DE LA PARTE BAJA DEL RÍO  
CHILI-AREQUIPA 2016**

## **DEDICATORIA**

A mi mamá Silvia que está en el cielo

A mi papá Amador

A mi esposo Edgar por todo el apoyo recibido

A mi hijo Franco por su preocupación.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad de Lima por su apoyo incondicional.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO I:</b> .....	17
1.1. Antecedentes .....	17
1.2. Planteamiento del Problema .....	20
1.2.1. Problema General .....	20
1.2.2. Problemas Específicos .....	20
1.2.3. Formulación del Problema.....	21
1.3. Objetivos .....	21
1.3.1. Objetivo General.....	21
1.3.2. Objetivos Específicos .....	22
1.4. Justificación.....	22
1.4.1. Justificación de la Investigación .....	22
1.4.1.1. Teórica.....	22
1.4.1.2. Práctica.....	22
1.4.1.3. Metodológica.....	23
1.4.1.4. Social .....	23
1.5. Alcances y limitaciones .....	23
1.6. Definición de variables .....	24
<b>CAPÍTULO II:</b> .....	26
2.1. Teorías generales relacionadas con el tema.....	26
2.1.1. Desde cuándo existe o se conoce el problema .....	26
2.1.2. Estudios o Investigaciones Anteriores.....	27
2.2. Bases teóricas especializadas sobre el tema.....	30
2.2.1. Río Chili.....	30
2.2.2. La Joya.....	41
2.2.3. Agua .....	43
2.2.4. ECA's .....	53
2.2.5. Litiasis .....	57
2.3. Marco Conceptual .....	61
2.3.1. Conceptos relacionados al problema .....	61
2.3.2. Marco Legal.....	62
2.4. Hipótesis .....	63
2.4.1. Hipótesis General .....	63
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	63
<b>CAPÍTULO III:</b> .....	64
3.1 Tipo .....	64
3.2. Diseño de Investigación .....	65
3.3. Estrategia de la prueba de hipótesis .....	65
3.4. Variables .....	68

3.5. Población .....	68
3.6. Muestra .....	69
3.7. Técnicas de Investigación .....	70
3.7.1. Instrumentos de recolección de datos .....	70
3.7.2. Validación de los instrumentos por juicio de expertos .....	71
3.7.3. Procesamiento y análisis de datos .....	72
3.7.4. Técnicas de análisis e interpretación de la información .....	83
3.7.5. Operacionalización de las variables .....	86
3.7.6. Diseño Estadístico .....	89
<b>CAPÍTULO IV:</b> .....	94
4.1. Contrastación de Hipótesis .....	94
4.2. Análisis e Interpretación .....	113
<b>CAPÍTULO V:</b> .....	132
5.1. Discusión.....	132
5.2. Conclusiones.....	136
5.3. Recomendaciones.....	137
5.4. Referencias bibliográficas .....	138
<b>ANEXOS</b> .....	145
Anexo N°1: Matriz de consistencia.....	146
Anexo N°2: Matriz de Recolección de Datos .....	148
Anexo N°3: Ficha técnica de los instrumentos a utilizar.....	150
Anexo N°4: Validación por juicio de expertos de los Instrumentos para la toma de datos .....	151
Anexo N°5: Definiciones de términos.....	152

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Usos del río Chili en el 2009 .....	2
Tabla 2.1. Usos del agua .....	15
Tabla 2.2. Cultivos de la cuenca Quilca – Chili .....	16
Tabla 2.3. Empresas mineras y licencias otorgadas .....	17
Tabla 2.4. Distritos a los que distribuye SEDAPAR .....	18
Tabla 2.5. Caudal promedio del río Chili .....	19
Tabla 2.6. Uso consuntivo.....	21
Tabla 2.7. Épocas de estiaje y avenida.....	22
Tabla 2.8. Superficies de las Unidades Hidrográficas.....	23
Tabla 2.9. Clasificación tipo de agua .....	28
Tabla 2.10. Etapas del tratamiento .....	29
Tabla 2.11. Materiales en el agua .....	29
Tabla 2.12. Floculante – coagulante .....	30
Tabla 2.13. Métodos tradicionales .....	32
Tabla 2.14. Métodos de esterilización .....	33
Tabla 2.15. ECA's del Perú .....	35
Tabla 2.16. Clasificación del agua .....	36
Tabla 2.17. Categorías a utilizar .....	38
Tabla 2.18. Parámetros de estudio .....	39
Tabla 2.19. Casos anuales 2012 a 2014.....	40

Tabla 2.20. Casos Anuales 2015 y 2016 .....	41
Tabla 3.1. Distribuciones.....	50
Tabla 3.2. Clasificación de la dureza por la OMS .....	51
Tabla 3.3. Población de Arequipa .....	53
Tabla 3.4. Población de La Joya y Mariano Melgar .....	53
Tabla 3.5. Valoraciones de expertos.....	55
Tabla 3.6. Validación del instrumento .....	56
Tabla 3.7. Métodos .....	56
Tabla 3.8. Electroodos .....	58
Tabla 3.9. Tiras de ensayo.....	62
Tabla 3.10. Cartucho de titulación.....	64
Tabla 3.11. Variables .....	71
Tabla 3.12. Pregunta 1.....	73
Tabla 3.13. Pregunta 2.....	74
Tabla 3.14. Pregunta 3.....	74
Tabla 3.15. Pregunta 4.....	75
Tabla 3.16. Pregunta 5.....	75
Tabla 3.17. Pregunta 6.....	76
Tabla 3.18. Pregunta 7 – La Joya .....	76
Tabla 3.19. Pregunta 7 – Mariano Melgar .....	77
Tabla 4.1. Datos de la variable Dureza .....	79
Tabla 4.2. Dimensión Dureza .....	79
Tabla 4.3. Prueba para el nivel inferior de pH.....	80
Tabla 4.4. Prueba para el nivel superior de pH.....	81

Tabla 4.5. Prueba para la presencia de nitratos.....	82
Tabla 4.6. Prueba para la presencia de TDS .....	84
Tabla 4.7. Prueba para la dureza con LMP.....	85
Tabla 4.8. Prueba para la dureza con el sentido del gusto .....	86
Tabla 4.9. Prueba de dureza para conocer su clasificación .....	87
Tabla 4.10. Prueba de Shapiro Wilk – La Joya .....	88
Tabla 4.11. Prueba de Shapiro Wilk – Mariano Melgar .....	89
Tabla 4.12. Prueba para varianzas .....	91
Tabla 4.13. Prueba para la segunda hipótesis específica.....	92
Tabla 4.14. Prueba para la tercera hipótesis específica .....	95
Tabla 4.15. Dimensión pH.....	97
Tabla 4.16. Dimensión Dureza.....	98
Tabla 4.17. Dimensión Nitratos .....	99
Tabla 4.18. Dimensión Cloruros.....	100
Tabla 4.19. Dimensión TDS .....	101
Tabla 4.20. Dimensión DO .....	102
Tabla 4.21. Dimensión Nitritos .....	103
Tabla 4.22. Dimensión Conductividad.....	104
Tabla 4.23. Resumen del análisis del agua .....	105
Tabla 4.24. Prueba A .....	107
Tabla 4.25. Prueba B .....	107
Tabla 4.26. Pregunta 1.....	109
Tabla 4.27. Pregunta 2.....	109
Tabla 4.28. Pregunta 3.....	110

Tabla 4.29. Pregunta 4.....	111
Tabla 4.30. Pregunta 5.....	112
Tabla 4.31. Pregunta 6.....	113
Tabla 4.32. Pregunta 7 – Distrito de La Joya .....	114
Tabla 4.33. Pregunta 7 – Distrito de Mariano Melgar.....	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Factores contaminantes.....	3
Figura 2.1. Ubicación de la cuenca Quilca – Chili.....	13
Figura 2.2. Vista de las zonas recorridas por la cuenca Quilca – Chili.....	14
Figura 2.3. Caudal promedio anual del río Chili .....	20
Figura 2.4. Uso consuntivo.....	21
Figura 2.5. Unidades hidrográficas .....	22
Figura 2.6. Ciclo del agua .....	26
Figura 2.7. Tecnología de membranas .....	31
Figura 2.8. Etapas de eliminación de materia orgánica biodegradable .....	34
Figura 2.9. Cálculo del riñón y uréter (N 20) .....	41
Figura 2.10. Cálculo de las vías urinarias inferiores (N 21).....	42
Figura 2.11. Cálculo de las vías urinarias inferiores en enfermedades clasificadas en otra parte (N 22).....	42
Figura 2.12. Cólico renal, no especificado (N 23) .....	43
Figura 3.1. Equipo Multiparámetro .....	57
Figura 3.2. Electrodo de pH .....	58
Figura 3.3. Electrodo de OD.....	59
Figura 3.4. Electrodo de conductividad .....	59
Figura 3.5. Procedimiento con los electrodos .....	60
Figura 3.6. Cajas de tiras de ensayo.....	60

Figura 3.7. Tubos de tiras de ensayo.....	61
Figura 3.8. Titulador Digital, marca: Hach.....	63
Figura 3.9. Frasco de Erlenmeyer con la muestra de agua .....	64
Figura 3.10. Viraje de color .....	65
Figura 3.11. Turbidímetro.....	66
Figura 3.12. Pantalón drill .....	67
Figura 4.1. Prueba para el nivel inferior de pH.....	80
Figura 4.2. Prueba para el nivel superior de pH.....	81
Figura 4.3. Prueba para la presencia de nitratos .....	82
Figura 4.4. Prueba para la presencia de TDS.....	84
Figura 4.5. Prueba para la dureza con LMP .....	85
Figura 4.6. Prueba para la dureza con el sentido del gusto .....	86
Figura 4.7. Prueba de dureza para conocer su clasificación.....	87
Figura 4.8. Prueba de Ryan Joiner – La Joya.....	89
Figura 4.9. Prueba de Ryan Joiner – Mariano Melgar.....	90
Figura 4.10. Prueba de Levene y Bonett.....	91
Figura 4.11. Prueba F de Snedecor .....	92
Figura 4.12. Prueba para el lavado .....	93
Figura 4.13. Resumen de prueba T para 2 muestras independientes .....	93
Figura 4.14. Tarjeta de informe T – Student .....	94
Figura 4.15. Prueba chi – cuadrado .....	95
Figura 4.16. Resumen de la tercera hipótesis.....	96
Figura 4.17. Tarjeta de informe – Chi cuadrado.....	96
Figura 4.18. Dimensión pH.....	97

Figura 4.19. Dimensión Dureza.....	98
Figura 4.20. Dimensión Nitratos.....	99
Figura 4.21. Dimensión Cloruros.....	100
Figura 4.22. Dimensión TDS.....	101
Figura 4.23. Dimensión DO.....	102
Figura 4.24 Dimensión Nitritos.....	103
Figura 4.25. Dimensión Conductividad .....	104
Figura 4.26. Tiempo de lavado.....	108
Figura 4.27. Pregunta 1 .....	109
Figura 4.28. Pregunta 2 .....	110
Figura 4.29. Pregunta 3 .....	111
Figura 4.30. Pregunta 4 .....	112
Figura 4.31. Pregunta 5 .....	113
Figura 4.32. Pregunta 6 .....	114
Figura 4.33. Pregunta 7 .....	115

## RESUMEN

El presente trabajo evalúa el consumo de agua dura en la población de la parte baja del río Chili, región de Arequipa en el año 2016. En el inicio del estudio se presentó la situación actual del río y se planteó los problemas y objetivos de la investigación, siendo el problema general el efecto del agua dura sobre los pobladores del distrito La Joya en su vida diaria.

En el Marco Teórico se define el origen del problema y se relaciona el tema a investigar con estudios previos de diferentes autores. También se establecen las bases teóricas necesarias para el desarrollo del estudio.

Luego, en el tercer capítulo "Método" se desarrolla el plan a seguir para obtener la información requerida, se elaboran diversas matrices que esquematizan las estrategias para verificar la veracidad de las hipótesis y se desarrollan las técnicas para la recolección de datos, análisis e interpretación de la información.

En el cuarto capítulo se ven reflejados los resultados hallados después de la aplicación de la metodología definida anteriormente. Se contrastó las tres hipótesis específicas y se mostró, por medio de tablas y gráficas, la información hallada a través de las diferentes herramientas utilizadas.

Finalmente, en el último capítulo "Discusión", se llegó a la conclusión que el agua en el distrito de La Joya no supera los valores máximos de la categoría A1 para consumo humano, mas es clasificada como agua muy dura por la Organización Mundial de la Salud y sí afecta la vida diaria de estos pobladores.

Palabras clave: agua dura, río Chili, Arequipa, La Joya, Mariano Melgar, litiasis, proceso global de lavado.

## **ABSTRACT**

The present research evaluates the consumption of hard water in the population of the lower area of Chili river, region of Arequipa in 2016. At the beginning of the study, was presented the actual situation of pollution in the river and were set out the troubles and objectives, which covered the research, the general problem being the effect of hard water over the inhabitants of La Joya district in their daily life.

In the Theoretical Framework, chapter two, the origin of the problem was defined and related with preview studies of different authors. Also it was established the necessary theoretical basis for the development of the study.

Then, in the third chapter, "Método" develops the following plan to obtain the required information, elaborates different kind of matrix that schematizes the strategies to verificate the hypotheses and describes techniques to the data collection, analysis and interpretation of the information.

In the fourth chapter were reflected the obtained results after of the application of the methodology, which was definded previously. It were contrasted the three specific hypotheses and the information found through the used different tools and described in the previous chapter are shown through tables and graphs.

Finally, in the last chapter "Discussion", concluded that the water in La Joya district does not overtake the maximum values of category A1 for human consumption, but it is classified as very hard water by the World Health Organization and affirms that definitely affects the daily life of these people.

Key words: hard water, Chili river, Arequipa, La Joya, Mariano Melgar, lithiasis, global washing process.

## INTRODUCCIÓN

Ante la preocupación por preservar el medio ambiente en estos últimos años, se han establecido diversos límites para su preservación y para la seguridad de los usuarios finales. Dentro de estos se encuentra el agua, que es primordial para el ser humano y para el desarrollo de la región y sus actividades económicas. En la región de Arequipa, el río principal es el río Chili que, a lo largo de los años, ha presentado problemas de contaminación especialmente en las unidades hidrográficas bajas en su trayectoria.

La presente investigación se centrará en conocer los efectos del agua dura en la población de La Joya, parte media – baja del río Chili, en su vida diaria. Se determinó los problemas, objetivos y las diversas hipótesis a verificar, al igual que las técnicas de recolección, análisis e interpretación de datos a realizar.

Finalmente, se reunió la información a través de las distintas herramientas como los análisis del agua, prueba experimental, entre otros; y luego de un análisis exhaustivo se determinó que el agua utilizada en el distrito de La Joya afecta las actividades domésticas y es un factor para la aparición de la enfermedad de la litiasis.

## **CAPÍTULO I:**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

Arequipa cuenta con 8 ríos principales, siendo 3 los que cuentan con una infraestructura de regulación para el desarrollo de la actividad agrícola: el río Yauca, Camaná y Chili, este último tiene una extensión de 12 697 km<sup>2</sup> (Centro Peruano de Estudios Sociales [CEPES], s.f.) y es el corazón de diversas actividades económicas y domésticas, su uso y cantidad se ven expresados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1

Usos del río Chili en el 2009

Uso	Cantidad en m <sup>3</sup>
Hydroenergético - Charcani	2 240 632 800
Agrícola	439 210 000
Población	56 346 534
Minero	46 276 240
Industrial	4 314 102
Otros usos	186 216

Fuente: Autoridad Local del Agua (ALA) Chili y Colca – Sigwas – Chivay (2011)

Sin embargo, a lo largo de los años estas aguas se han visto afectadas por diversos factores como el descontrolado vertimiento de aguas residuales y la falta de capacidad de los sistemas para tratarlos, vertimientos industriales y agropecuarios sin tratamiento previo, falta de conocimiento del uso de agroquímicos y prácticas agrícolas, eutrofización de aguas en las represas, contaminación natural por la propia geología de la cuenca y botaderos no autorizados de residuos sólidos, así como, de efluentes mineros informales, que han ocasionado un deterioro en la calidad del agua. En la figura 1.1 se muestra los diversos factores descritos anteriormente que perjudican la calidad de este recurso hídrico.

Figura 1.1

## Factores contaminantes



Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2011)

Las zonas que abarcan el uso de agua potable del río Chili de la mayor parte de la población son una de las zonas más afectadas por la contaminación, estas son la unidad hidrográfica (UH) media y media – baja Quilca – Vitor – Chili. Según el Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca Quilca – Chili, la parte media de la cuenca, que le entrega sus aguas junto con la zona Yura, tiene una concentración de 6mg de O<sub>2</sub>/l de agua (DBO<sub>5</sub>), siendo los ECA's para la producción del agua potable de 3, 5 y 10 mg/l para las categorías A1, A2 y A3<sup>1</sup>. Además, presenta varios poblados en la zona oriental de esta unidad hidrográfica (parte media Quilca – Vitor – Chili) que realiza vertimientos en cauces de caudal muy bajo. No presenta un tratamiento de la totalidad de las aguas servidas por la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Mientras que la parte media – baja de la cuenca, aunque no presenta problemas con el DBO<sub>5</sub> en este momento; en un futuro, el crecimiento

<sup>1</sup> Se describe A como la categoría de: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, siendo A1: agua que puede ser potabilizada con desinfección, A2: agua que puede ser potabilizada con tratamiento convencional y A3: agua que puede ser potabilizada con tratamiento avanzado. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>

poblacional y problemas en el riego, puede ser perjudicial. También, se muestra un pH fuera del rango de los ECA's (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2012).

La infraestructura hidráulica también se ve como una desventaja en el río Chili, pues presenta pérdidas en el almacenamiento, conducción y distribución del agua. Además, de varias tomas rústicas y canales con roturas o grietas, que provocan pérdidas y la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales. Cabe destacar que no se cubre a totalidad el servicio demandado por parte de la población y que no se tiene conocimiento del abastecimiento ni de la demanda administrada por las Municipalidades Distritales (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2013).

La deficiente infraestructura junto a los diferentes vertimientos y el crecimiento poblacional, hacen más difícil la gestión y el uso del agua para consumo humano.

Por lo expuesto anteriormente, se plantea investigar la contaminación presente en el río Chili en el año 2016, enfocándonos en el agua dura presente en la zona media – baja del río y su efecto en la vida de los residentes de pueblos aledaños que hacen uso de sus aguas en su vida diaria.

## 1.2. Planteamiento del Problema

### 1.2.1. Problema General

¿En qué afecta el agua dura a la población de la parte media – baja río Chili?

### 1.2.2. Problemas Específicos

1.2.2.1 ¿El agua del río Chili cumple con los límites máximos permisibles referentes al agua dura destinada al consumo humano?

- 1.2.2.2 ¿El agua dura afecta el desempeño de las tareas domésticas de la población de la parte media – baja del río Chili?
- 1.2.2.3 ¿Existe relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media – baja del río Chili?

### 1.2.3. Formulación del Problema

El gran crecimiento de la población y la proliferación de las empresas de diversos sectores económicos junto a un mal monitoreo y gestión de manejo del recurso hídrico han conllevado a una creciente contaminación que perjudica las actividades económicas y la vida de los pobladores como señala el director de la AAA I Caplina Ocoña, Ronal Fernández Bravo: “El 80% de la población provincial está asentada en sus riberas. Usamos sus aguas y las contaminamos. Hasta modificamos su cauce en forma irresponsable” (Rodríguez Valdivia, E., 2012). Especialmente, en el distrito de La Joya donde solo el 25% de los pobladores consume agua potable, mientras el 75% restante usa agua de acequia, sin ningún tipo de tratamiento (La República, 2012).

Por ello, en la presente investigación, se plantea determinar la existencia de agua dura en la parte media – baja del río Chili y cómo ésta afecta la normalidad de la vida cotidiana de los ciudadanos del distrito de La Joya en el año 2016.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Investigar y analizar los posibles efectos del agua dura en la población de la parte media – baja del río Chili.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- 1.3.2.1. Analizar cuantitativamente la concentración del agua dura en esta localización.
- 1.3.2.2. Comparar el proceso global de lavado de la población de la UH media baja Quilca - Vítor - Chili (La Joya) contra la de la población de UH media Quilca - Vítor - Chili (Mariano Melgar) del río Chili.
- 1.3.2.3. Determinar la relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili.

### 1.4. Justificación

#### 1.4.1. Justificación de la Investigación

##### 1.4.1.1. Teórica

Este trabajo busca identificar una serie de conceptos relacionados con el tema del uso y consumo del agua dura en la actividad doméstica con el objeto de describir la situación actual de la población de la parte media – baja del río Chili, así como también, brindar conclusiones, recomendaciones y las bases para proyectos de aplicación e implementación de mejoras.

##### 1.4.1.2. Práctica

A través de la aplicación de la técnica de recolección de datos, se identificará las consecuencias en la vida diaria de la población rural que consume agua dura respecto a la población urbana que recibe agua menos dura, las cuales, de acuerdo a la clasificación de las aguas naturales, provienen de la misma agua superficial.

#### 1.4.1.3. Metodológica

El trabajo pertenece a un estudio de nivel descriptivo que busca recopilar información a través de la comparación de calidad del agua en dos distritos diferentes, la técnica de encuestas, una prueba experimental y un análisis cuantitativo de muestras tomadas del río Chili con el fin de describir la situación actual de los pobladores aledaños a la parte media baja del río.

#### 1.4.1.4. Social

Las aguas del río Chili son destinadas a múltiples usos dentro de la región Arequipa: agricultura, energía, industrial, población, minera, entre otros; por ende, es un río muy importante para el desarrollo de la región, el cual se ha visto afectado por la contaminación de desechos orgánicos, provenientes de desagües y vertimientos ilegales, y desechos químicos, pertenecientes a diversas industrias.

Dentro de los distritos afectados se encuentra La Joya, el que tiene una actividad agrícola muy grande que se ve dañada por la contaminación. Además, este distrito emergente tiene un gran número de pobladores después de Arequipa Metropolitana.

#### 1.5. Alcances y limitaciones

- Las autoridades municipales y la población se muestran renuentes a brindar apoyo a los trabajos de investigación. Además de no poseer datos actualizados en los documentos emitidos.
- A nivel clínico, aún no se ha encontrado relación entre la dureza con la litiasis mas se presume de una causa etiológica que predispone a la formación de cálculos, debido al oxalato de calcio, hidroxapatita y fosfatos.

## 1.6. Definición de variables

Para determinar la veracidad de la hipótesis general y las hipótesis específicas se han planteado variables independientes y dependientes, las cuales son multidimensionales y unidimensionales y se encuentran expresadas con sus indicadores respectivos.

La variable independiente o causa tomada para esta investigación ha sido la siguiente:

1. Dureza: Con esta variable se busca determinar el nivel de dureza que pueda presentar el agua del río Chili. Para ello, se hallará la concentración de sales solubles de calcio y magnesio a través de las dimensiones de pH, TDS (Total de Sólidos Disueltos), dureza, presencia de nitratos y cloruros.
  - a. pH: Conocido como potencial de hidrógeno, es una unidad de medida que calcula el número de iones de hidrógeno en el agua e indica, en una escala del 0 al 14, si es ácida ( $0 < 7$ ), neutra (7) o alcalina ( $7 > 14$ ).
  - b. TDS: Definido como Total de Sólidos Disueltos, mide el total de materia suspendida en el agua, esta puede estar conformada por sales, metales, iones y minerales. Se expresa en mg/L o ppm (partes por millón) y suele determinar el mal sabor o la presencia de diferentes contaminantes. También, la variación de la cantidad puede afectar la vida acuática.
  - c. Dureza: Es el parámetro principal de esta variable que lleva su nombre. Expresado en mg/L  $\text{CaCO}_3$ , es la concentración de sales de calcio y magnesio.

- d. Presencia de nitratos: Los nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) son sales muy solubles que se encuentran en el agua debido a fuentes naturales o por el uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura, también por vertidos de aguas residuales y los excrementos de animales por la ganadería. Su presencia en el cuerpo humano no es nociva, pues se elimina por la orina; a menos que éstos se reduzcan a nitritos, los cuales pueden causar cianosis, falta de oxígeno en la sangre, especialmente entre niños y personas con problemas gástricos.
  
- e. Presencia de cloruros: Los cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) muestran la salinidad que tiene el agua, una alta concentración puede ser percibida por las personas como un sabor salado. Así como también, puede ser corrosiva para las tuberías y perjudicial para el crecimiento de la vegetación. Estos se pueden encontrar en agua natural o residual, siendo este último el que tiene una mayor cantidad por el consumo de la sal de mesa.

Por otro lado, las variables dependientes o respuestas usadas para esta investigación, que tienen como fin determinar los efectos de las variables independientes, son:

1. Salud: Este amplio término definido por la Real Academia Española (RAE, s.f.) como “el estado en que el ser orgánico ejerce normalmente todas sus funciones” se refiere y se centra en este trabajo al mal originado por la presencia de dureza en el agua, la litiasis.
  
2. Uso: Esta variable hace referencia al empleo del agua que hacen los pobladores en sus diversas actividades diarias. El objeto de análisis en este trabajo será el lavado de prendas.

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### 2.1. Teorías generales relacionadas con el tema

##### 2.1.1. Desde cuándo existe o se conoce el problema

Se desconoce desde cuándo se inició la contaminación de la cuenca Quilca – Chili, sin embargo, se cuenta con varios informes de distintas autoridades como la Autoridad Nacional del Agua (ANA), Autoridad Regional del Medio Ambiente (ARMA), entre otras; que analizaron diversas zonas del río para identificar fuentes de contaminación como vertimientos de agua residuales, botaderos de residuos sólidos, etc., así como el grado de contaminación que presenta.

Actualmente, se viene realizando estudios en el río para analizarlo, promover diversos tratamientos y comprobar la efectividad de los realizados. Por otro lado, se tiene acceso a las diversas investigaciones que datan de distintos años como

el 2012 hasta el más antiguo que pertenece a un trabajo realizado por Fernández P. de Vizcardo, I. (s.f.), en donde se muestran resultados de los análisis realizados al agua del río en 1973 que revelan que para esta fecha el recurso hídrico ya presentaba contaminación.

### 2.1.2. Estudios o Investigaciones Anteriores

Alcalde, S., Astaburuaga, C. & Hernández, A. (2011). *El agua potable de alta dureza como factor de riesgo para la litiasis renal.*

El trabajo se enfoca en descubrir si el agua dura es un factor predisponente para la aparición de la litiasis renal a raíz de que en la actualidad la ciudad de Malargüe, provincia de Mendoza, Argentina está presentando agua dura, con excesiva concentración de sales de calcio, según especialistas; y la cantidad de pacientes con cálculos renales ha aumentado, siendo inclusive un número superior al de otros departamentos. Además, se observa que la padecen tanto niños de temprana edad como adultos, es decir, la enfermedad abarca un grupo etario amplio. Todo esto preocupa a los especialistas que sospechan puede ser consecuencia de la ingesta del agua potable. Sin embargo, aún no habido ninguna investigación realizada.

Para la investigación, se realizó una encuesta a 500 personas de la ciudad de Malargüe con preguntas acerca de su edad, sexo, padecimiento de cálculos renales, consumo de agua, problemas de litiasis dentro de la familia, entre otros; así como la recopilación de egresos de los distintos hospitales. También, se ejecutaron diversos análisis en distintos puntos estratégicos de la localidad para su debida comparación.

Dentro de las conclusiones a las que se llegaron, se encontró que el agua de la localidad cumple con los requisitos establecidos por el Código Alimentario, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Ente Provincial del Agua y Saneamiento (EPAS), pero que esto no significa que su consumo no pueda ser dañino para la salud. También se concluyó que el consumo de agua de alta

dureza sí es un factor de riesgo para el padecimiento de la litiasis renal. Otro factor de relevancia hallado fueron los antecedentes familiares, así como haber sufrido anteriormente de cálculos renales.

Borges Umaña, N. (2016). *Estudio exploratorio sobre la implicación de la dureza del agua para consumo humano en algunas enfermedades de la población de Costa Rica, en el periodo del 2007 al 2013.*

El estudio se centró en un análisis físico – químico de agua, centrándose en la dureza total, dureza de calcio, concentración de calcio y magnesio en el agua destinada al consumo humano en Costa Rica en los años 2007 al 2012 y su posible relación entre diversas enfermedades.

Se realizó la investigación a través de la recopilación de datos sobre las concentraciones de estudio de las bases de datos del Laboratorio Nacional del Agua y, para el caso de los padecimientos, se tomó las tasas brutas e índices estandarizados de salud, considerando los casos de morbilidad y mortalidad. Se hizo uso de programas informáticos como Microsoft Office Excel 2010 con el complemento del programa SPSS, en el cual sintetizó la información en cuadros, gráficos e histogramas. También utilizó el programa Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el manejo de datos espaciales, en los que pudo integrar la cartografía y los datos estadísticos.

Determinó que, según la norma nacional, estos parámetros se encuentran a un nivel inferior de lo dictaminado en la mayoría de los cantones del país y en los distritos de la provincia de Guanacaste. Sin embargo, según la clasificación de la OMS, las aguas se distribuyen a nivel nacional entre blandas, moderadamente duras y duras, haciendo énfasis en la provincia de Guanacaste, donde se encontraron aguas muy duras.

Además, halló la correlación entre la dureza del agua y una serie de enfermedades: cáncer de colon, cáncer de riñón, cáncer de vejiga, enfermedad isquémica del corazón, insuficiencia renal crónica, litiasis renal, osteoporosis y osteopenia. Se presentó que no existe ninguna correlación entre la dureza del agua con las morbilidades del cáncer de riñón, enfermedad isquémica del corazón y osteoporosis como tampoco con las mortalidades de ningún cáncer ni

de la enfermedad isquémica del corazón. Por otro lado, según el coeficiente de Pearson y a un 95% de significancia, existe una correlación negativa y débil con la morbilidad por cáncer de colon, y correlaciones positivas y medias con la morbilidad de cáncer de vejiga, litiasis renal, insuficiencia renal crónica, así como con la mortalidad de esta última. Algunas de estas varían conforme a la concentración estudiada, es decir, concentración de calcio, magnesio, dureza de calcio y dureza total; contra los cantones y distritos de Guanacaste.

Neira Gutiérrez, M.A. (2006). *Dureza en agua de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile.*

El estudio fue realizado en Chile y tuvo como objetivo estudiar los impactos y medidas de mitigación de la dureza del agua, tanto en consumo humano como en el uso industrial, lo que puede aportar una base fundamentada que servirá de punto de partida para futuros trabajos que permitirán la evaluación de riesgos para la salud que aún no han sido estudiados de manera adecuada, aportando de esta manera a la creación de soluciones aplicables a la realidad del país. El agua de consumo humano en Chile es, en general, de carácter potable. Respecto a la dureza, se pueden establecer claramente tres zonas a lo largo del país: la zona norte, con agua dura (300 – 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>) y muy dura (>500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), la cual puede ser altamente incrustante en las redes de distribución; la zona central, ubicada entre la V y VIII región, donde se observa una transición entre el agua dura y blanda, exceptuando el caso de la región metropolitana que posee un valor promedio de 393,73 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, la cual se puede definir como agua dura; y la zona sur que posee concentraciones de dureza promedio que no superan los 100 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, por lo que se puede definir como agua blanda. En el caso de la región metropolitana, ésta representa aproximadamente el 40,1% de la población total del país, la cual es abastecida con agua dura que proviene principalmente, de captaciones superficiales realizadas en el río Maipo. Este grado de dureza del río puede ser atribuido a la existencia de minerales de yeso en la cabecera de este. Respecto al tema de las aguas minerales en Chile, se tiene que la calidad de las aguas minerales chilenas que se encuentran en el comercio son moderadamente dura a blanda, siendo la más importante el agua mineral de Cachantún, que presenta niveles

de dureza de 266 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , en la fuente de extracción. Se puede mencionar que las aguas minerales importadas presentan un alto grado de mineralización y dureza.

Dentro del estudio, se realizó un análisis preliminar entre la dureza del agua potable y su relación con enfermedades cardiovasculares siendo el resultado negativo, es decir, no se encontró relación alguna. Caso contrario, fue entre la dureza y la urolitiasis, donde se observó una buena correlación.

## 2.2. Bases teóricas especializadas sobre el tema

### 2.2.1. Río Chili

La cuenca Quilca-Chili abastece a toda la provincia de Arequipa, mas forma parte también de las provincias de Caylloma e Islay. Se encuentra entre la latitud Sur  $15^{\circ}37'50''$  y  $16^{\circ}47'10''$  y longitud Oeste  $70^{\circ}49'15''$  y  $72^{\circ}26'35''$  (ANA, 2013). Se encuentra delimitado por el norte con la provincia de Caylloma, Arequipa y el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, Puno. En el sur con la provincia de Camaná e Islay, en el este, General Sánchez Cerro (Moquegua) e Islay y al oeste con el Océano Pacífico donde desemboca con el nombre de río Quilca.

El río nace en las alturas del departamento de Arequipa, como unión del río Sumbay y Blanco, conforme se desplaza hasta la confluencia del río Yura, toma el nombre de río Chili, una vez que se junta con este, recibe el nombre de río Vitor. Luego, se une con el río Sigwas y cambia de nombre por río Quilca y finalmente, desemboca en el Océano Pacífico cerca del poblado por el cual lleva ese nombre, como se aprecia en la figura 2.1.

Figura 2.1

Ubicación de la cuenca Quilca – Chili

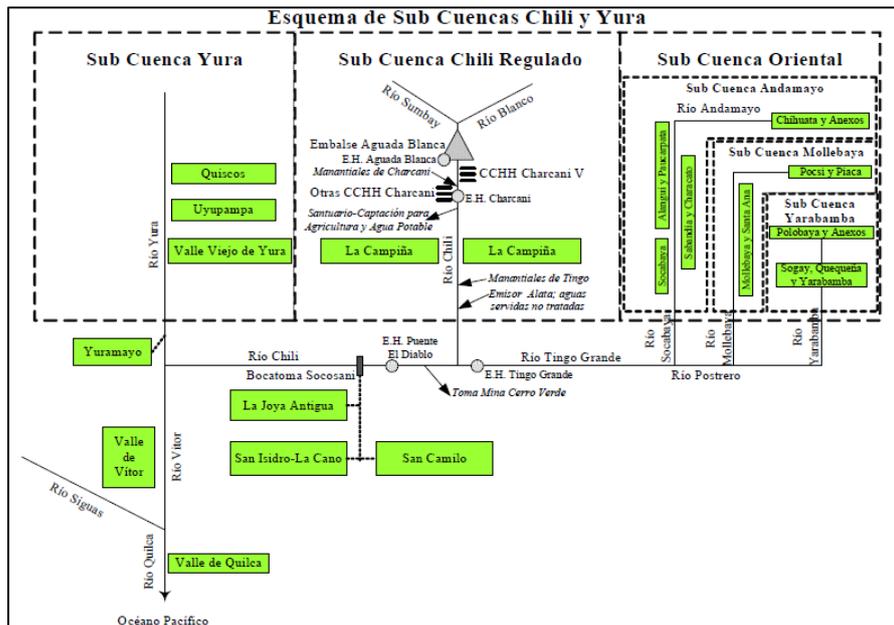


Fuente: ANA (2012)

En la figura 2.2 se muestra cómo se forma la cuenca Quilca – Chili, de dónde provienen los diversos ríos con los que confluye y las zonas aledañas, así como los embalses y las captaciones de la hidroeléctrica.

Figura 2.2

Vista de las zonas recorridas por la cuenca Quilca - Chili



Fuente: ANA (2009)

La cuenca Quilca – Chili se divide en tres sub cuencas: sub cuenca Yura, donde se encuentra el río Yura, el cual recibe sus aguas de los nevados Ananta, Chucura y Ananto y del manantial de la quebrada Aguas Calientes; sub cuenca Oriental o Chili No Regulado, conformada por tres sub cuencas: Socabaya, Mollebaya y Yarabamba; y sub cuenca Chili Regulado o Sistema Chili Regulado. En este último se ubica el embalse de Aguada Blanca, la Central Hidroeléctrica Charcani y el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa (SEDAPAR).

Presenta áreas protegidas a nivel nacional como la reserva nacional Salinas y Aguada Blanca, y Punta hornillos; y como regional, los bosques de queñua El Rayo y Nevado del Pichu-Pichu, y el Valle del Colca - Nevado Ampato.

Según la Resolución Jefatural N° 202-2010-ANA, el río Chili se clasifica en la categoría 1-A2 “Poblacional y Recreacional”, es decir que el agua es potabilizable con tratamiento convencional. Esta clasificación está dada para la naciente de la cuenca hasta la captación del agua por parte de SEDAPAR S.A. Debajo de esta, siguiendo con el río Chili, Vitor y Quilca, se cataloga como categoría 3 “Riego de vegetales y bebidas de animales”, parámetros para riego de vegetales de tallo alto y tallo bajo.

La cuenca es administrada por la Autoridad Administrativa del Agua (AAA) I Caplina Ocoña, que tiene bajo su mando a las Administraciones Locales del Agua (ALA) Chili y Colca – Sigwas – Chivay, y es uno de los órganos pertenecientes a la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la cual se encarga de velar por los diferentes usuarios que hacen uso del recurso, priorizando el uso poblacional. En la tabla 2.1 se identifican los diversos usos del agua en función al agua superficial y subterránea.

Tabla 2.1  
Usos del agua

Tipo de agua	Uso	
Superficial	Población	
	Producción	Agrícola
		Industrial
		Energético
		Minero
		Acuícola
Subterráneo	Población	
	Producción	Agrícola
		Industrial
		Minero

Fuente: ANA (2013)

La actividad agrícola depende de las aguas de la cuenca Quilca – Chili y se encuentran a lo largo de ella, instalándose en los Valles de Quilca, Alto Sigwas, Sigwas, Pampas de Majes, Santa Rita, Vítor, Yura, La Joya, Campiña de Arequipa y cuenca oriental. Se utiliza el agua bajo la modalidad de: bajo riego, por gravedad, por aspersión, por goteo, algunos cultivos se realizan por secano. En la tabla 2.2 se muestran los cultivos que se suelen producir en estas zonas, siendo la alfalfa el más predominante.

Tabla 2.2

Cultivos de la cuenca Quilca – Chili

Tipo	Cultivo
Permanente	Alfalfa y árboles frutales
Transitorio	Cereales: trigo, cebada y maíz
	Tubérculos: papa y oca
	Bulbos: cebolla y ajo
	Legumbres: haba, arveja, vainitas
	Hortalizas: repollo, coliflor, betarraga, zanahoria, lechuga, rabanito y otros

Fuente: ANA (2013)

El agua del río Chili también es utilizada para el sector pecuario donde, principalmente, se cría a camélidos sudamericanos. También se crían otras especies como ovinas, caprinas, porcinas, aves, conejos y cuyes. Se utilizan caballos y asnos como medio de transporte o carga.

Otra actividad que hace uso de esta cuenca es la minera que representó en el 2016 el 23% de la producción a nivel nacional (Rumbo Minero, 2016). Principalmente, esta producción está orientada a la extracción del cobre, siendo el mayor exponente de este rubro, la Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., la cual produce cátodos de cobre a partir de la lixiviación y concentrados de cobre y molibdeno, la producción de este último ha ido en aumento siendo para enero de 2017, una producción de 1 062 toneladas, 67% más de lo producido el mismo mes del año pasado (Rumbo Minero, 2017). Esta empresa tiene su propia estación de bombeo a la altura del poblado de Congata, Uchumayo, al margen izquierdo del río Chili.

Asimismo, también se encuentran medianas mineras como Inkabor S.A.C y pequeñas empresas que son de tipo artesanal, sin tecnología apropiada y que presentan un alto riesgo de contaminación ambiental, al igual que las mineras informales ubicadas en la zona alta de la cuenca.

En la tabla 2.3 se muestran las mineras al año 2011, que tienen derecho sobre el agua del río Chili expresada en litros/segundo.

Tabla 2.3

Empresas mineras y licencias otorgadas

Empresa	Licencia (l/s)
Justiniano Sueros Cuadros	3
Inkabor S.A.C.	10
Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.	Río – 1160
	Pozo – 300
Compañía Aurífera Yarabamba S.A.	4
Empresa Minera Boulder Resources S.A.	1,60
Empresa Minera Santa Catalina S.A.C.	0,177
Teodulfo Valeriano Quispe Huertas	4

Fuente: ANA (2011)

En enero de 2017, se inauguró una nueva minera, la Unidad Minera de Tambomayo, la que producirá anualmente entre 140 a 160 mil onzas de oro, así como plata y zinc (Gestión, 2017).

No solo empresas mineras ocupan parte del agua, sino también otras industrias de diversos sectores la utilizan. Estas se encuentran situadas en el Parque Industrial de Arequipa, donde extraen el agua subterránea y reciben agua superficial por medio de la red de agua potable; y el Parque Industrial Río Seco que obtiene agua por medio del canal Zamácola, las industrias de esta última zona son las que mayor agua demandan.

Las empresas como Cementos Yura, Aceros Arequipa, Leche Gloria y la Planta Backus se abastecen de la explotación de los recursos hídricos subterráneos, siendo la última la de mayor demanda.

SEDAPAR, empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa, es la principal encargada de tratar y administrar el recurso hídrico proveniente del caudal regulado en el río Chili y del manantial La Bedoya, captado a través del canal de Zamácola, a la mayoría de los distritos de la provincia de Arequipa, como se visualiza en la tabla 2.4, y teniendo un mínimo de actuación en zonas rurales alrededor de la cuenca, muchas de las cuales son atendidas por las Juntas Administradoras de Agua y Saneamiento (JASS).

Tabla 2.4

Distritos a los que distribuye SEDAPAR

Distrito	Cobertura agua potable	Cobertura Alcantarillado
Arequipa	98,6%	96,3%
Alto Selva Alegre	88,3%	85,2%
Cayma	94,8%	88,8%
Cerro Colorado	96,0%	74,2%
Characato	13,1%	0%
Chiguata	62,4%	35,3%
Jacobo Dickson Hunter	96,1%	91,0%
Jose Luis Bustamante y Rivero	97,3%	93,7%
Mariano Melgar	83,3%	79,0%
Miraflores	97,3%	94,1%
Paucarpata	90,4%	88,0%
Sabandía	38,6%	29,0%
Sachaca	98,9%	85,1%
Socabaya	84,1%	73,7%
Tiabaya	51,4%	44,9%
Uchumayo	38,7%	29,8%
Yanahuara	96,9%	92,8%
Yura	16,9%	0%
La Joya	43,2%	31,7%
El Pedregal (Majes)	23,6%	20,0%

Fuente: ANA (2013)

El sistema con el cual SEDAPAR puede distribuir sus servicios consta de dos plantas de tratamiento de agua potable (PTAP): Tomilla I, la cual provee a los pobladores de los distritos de Cerro Colorado (pueblo viejo), y partes bajas de Cayma, Yanahuara, Paucarpata, Mariano Melgar, Miraflores, Alto Selva Alegre, Cercado, José Luis Bustamante y Rivero, Sachaca, Socabaya, Tiabaya y Hunter; y Tomilla II, que distribuye a las zonas altas de Cerro Colorado, Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores, Mariano Melgar, y sectores de Paucarpata y Chiguata.

Las aguas servidas de los desagües del Cono Norte de Arequipa Metropolitana (Cerro Colorado) y Yura son tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) La Escalerilla para la agricultura y el consumo de los

animales. Mientras que, el agua de la PTAR Chilpina no regresa al cauce del río, sino son utilizadas en el sector de riego Chilpinilla, donde se riegan cultivos de tallo grande. Esta planta será cerrada en el 2018 por tener tecnología muy antigua y no cumplir con los parámetros sanitarios exigidos. Por otro lado, en el año 2015, se inauguró la PTAR La Enlozada, la cual capta las aguas de los cinco colectores de desagües: Alata, Congota, Huaranguillo, Tiabaya y Arancota, quedándose con 1m<sup>3</sup>/s y devolviendo el resto al río Chili para la agricultura, es decir, los cultivos de tallo corto.

Por último, las aguas de la cuenca Quilca – Chili son utilizadas en el sistema hidroeléctrico Charcani administrado por la Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa (EGASA). Este sistema consta de 6 centrales hidroeléctricas instaladas en cascadas que se encuentran debajo del embalse Aguada Blanca. Su capacidad instalada de generación es de 165 MW. Actualmente, utiliza la presa Pillones para incrementar la generación de energía en un 18% a través de las centrales hidroeléctricas Charcani IV, V y VI (Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa [EGASA], s.f.).

EGASA también se encarga de controlar el caudal que recorre todo el sistema regulado del río Chili. En la tabla 2.5 y la figura 2.3 se muestra los datos obtenidos de las memorias de EGASA S.A. sobre el caudal promedio del río Chili a lo largo de los años.

Tabla 2.5

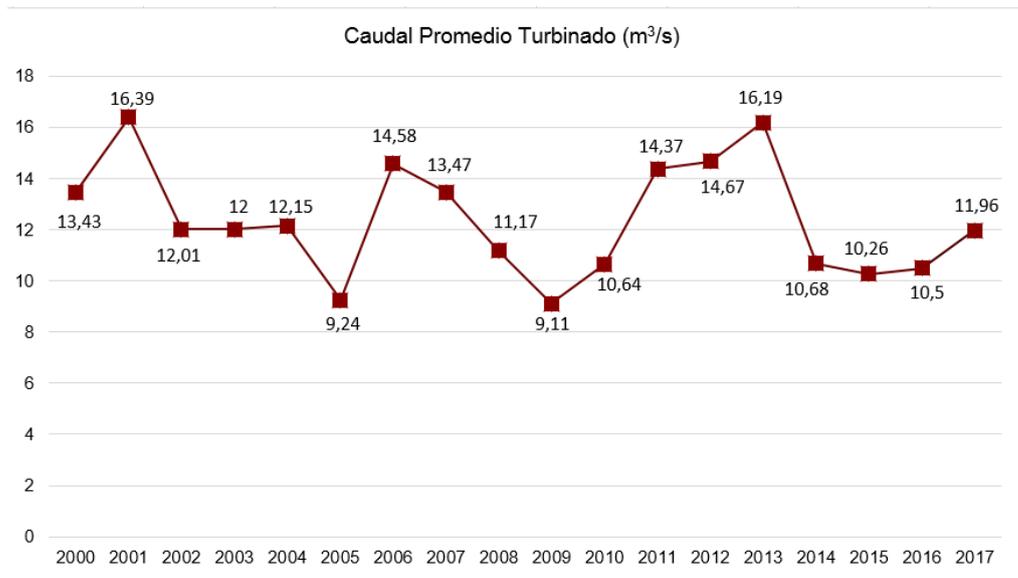
Caudal promedio del río Chili

Caudal Promedio Turbinado (m <sup>3</sup> /s) por año					
2000	13,43	2006	14,58	2012	14,67
2001	16,39	2007	13,47	2013	16,19
2002	12,01	2008	11,17	2014	10,68
2003	12,00	2009	9,11	2015	10,26
2004	12,15	2010	10,64	2016	10,50
2005	9,24	2011	14,37	2017	11,96

Fuente: EGASA (2016)

Figura 2.3

Caudal promedio anual del río Chili



Fuente: EGASA (2016)

Elaboración propia

Los caudales fluctúan entre 9 a 16 m<sup>3</sup>/s debido al Plan de Aprovechamiento Hídrico aprobado por el Consejo Directivo de Recursos Hídricos de la Cuenca Quilca – Chili en función al volumen almacenado en el sistema de represas.

El agua superficial del río Chili, desde su nacimiento, en la unión de los ríos Sumbay y Blanco, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico es consumida de diversas formas, así como se muestra en la tabla 2.6 y la figura 2.4. No se toma en cuenta los usos no consuntivos, puesto que estos devuelven el agua en las mismas condiciones que la extrajeron.

Tabla 2.6

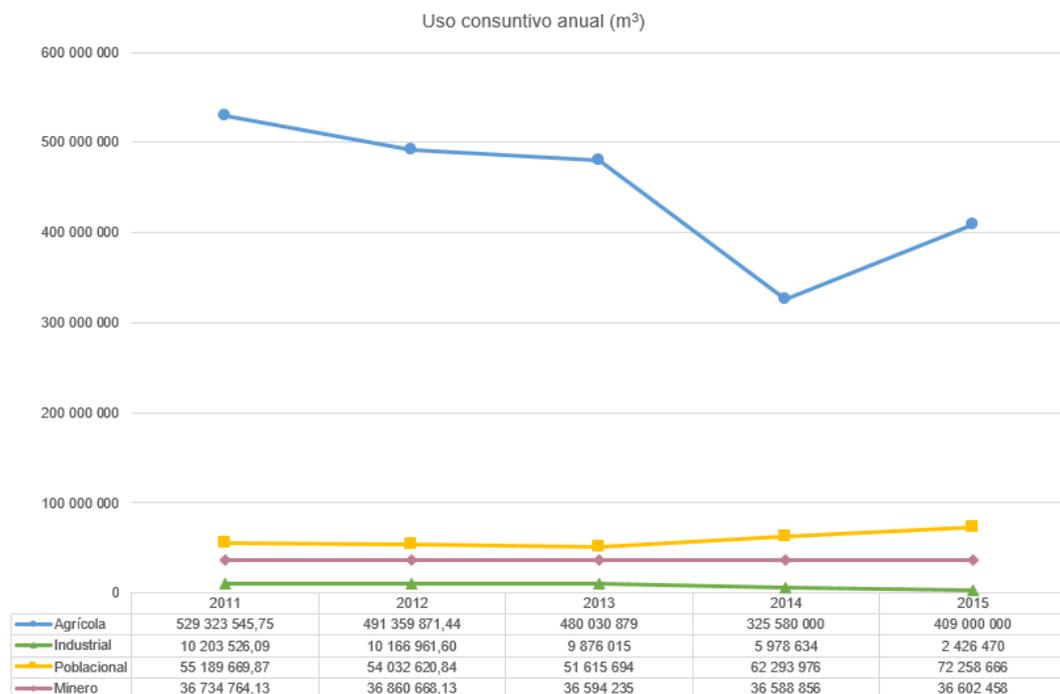
Uso consuntivo

Uso consuntivo del sistema regulado del río Chili (m <sup>3</sup> )					
Año	Agrícola	Industrial	Poblacional	Minero	Total
2011	529 323 545,75	10 203 526,09	55 189 669,87	36 734 764,13	631 451 505,84
2012	491 359 871,44	10 166 961,60	54 032 620,84	36 860 668,13	592 420 122,01
2013	480 030 879	9 876 015	51 615 694	36 594 235	578 116 823
2014	325 580 000	5 978 634	62 293 976	36 588 856	430 441 466
2015	409 000 000	2 426 470	72 258 666	36 602 458	520 287 594

Fuente: INEI (s.f.)

Figura 2.4

Uso consuntivo



Fuente: INEI (s.f.)

Elaboración propia

Se puede observar que se tuvo una disminución en todos los consumidores en el año 2013 siguiendo igual para el año 2014 en el uso agrícola e industrial, mientras el uso poblacional incrementó. Sin embargo, a pesar del menor

consumo, se mantiene que el sector agrícola es el mayor consumidor del agua, seguido por la población, que es nuestro objeto de estudio.

Por otro lado, al igual que otros ríos, el río Chili tiene meses correspondientes a la época de avenida y otros, a la de estiaje, tal y como se aprecia en la tabla 2.7.

Tabla 2.7

Épocas de estiaje y avenida

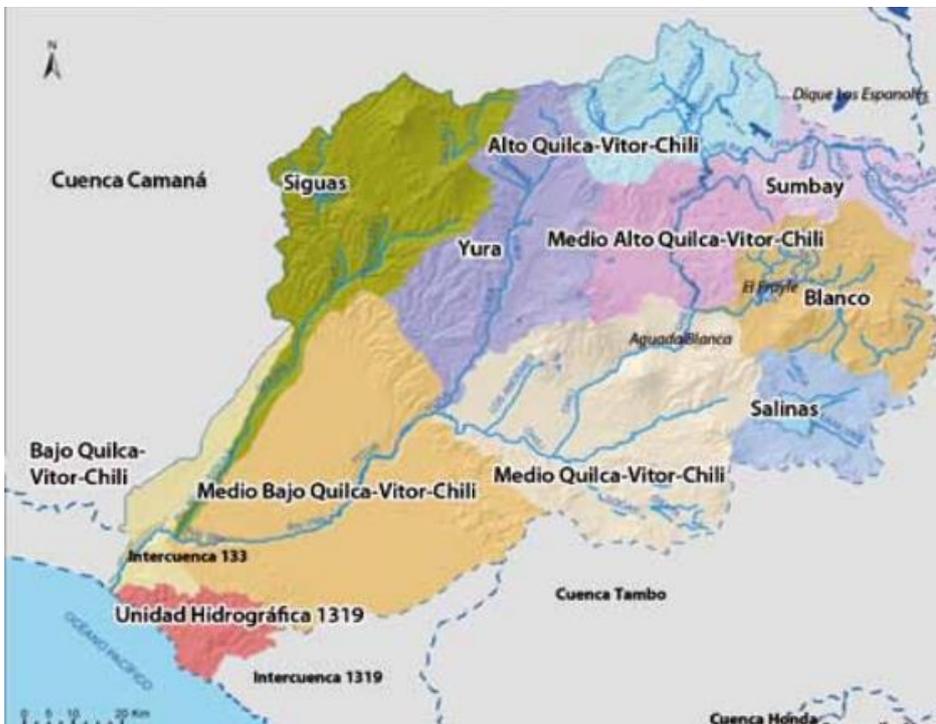
Época	Meses
Estiaje	Mayo a noviembre
Avenida	Diciembre a abril

Fuente: RPP (2017)

El “Plan de gestión de recursos hídricos de la cuenca Quilca – Chili” señala que la cuenca Quilca – Chili se encuentra dividida en unidades hidrográficas, como se aprecia en la figura 2.5.

Figura 2.5

Unidades hidrográficas



Fuente: ANA (2013)

En el presente trabajo se utilizará la zona definida como UH medio bajo Quilca – Vítor – Chili, la cual comprende al río Vítor en su totalidad, el cual es formado por la unión del río Yura y el río Chili, hasta su unión con el río Sigwas.

### 2.2.2. La Joya

El distrito de La Joya, en el cual se llevarán a cabo las investigaciones del trabajo, se encuentra entre los 1 169 y 1 665 m.s.n.m, al oeste de la ciudad de Arequipa y forma parte de la provincia de Arequipa. Pertenece a la unidad hidrográfica Medio Bajo Quilca –Vítor – Chili, la cual cuenta con una superficie de 2932, 59 km<sup>2</sup> y constituye el 21,2 % de toda la superficie de la cuenca tal como se ve en la tabla 2.8. Los distritos de Arequipa Metropolitana pertenecen a la UH Medio Quilca –Vítor – Chili.

Tabla 2.8  
Superficies de las Unidades Hidrográficas

Unidades Hidrográficas	Superficie Total (km <sup>2</sup> )	% Superficie
Alto Quilca – Vítor - Chili	949,62	6,9%
Bajo Quilca – Vítor – Chili	496,75	3,4%
Blanco	1 161,98	8,4%
Medio Alto Quilca – Vítor – Chili	934,66	6,8%
Medio Bajo Quilca – Vítor – Chili	2 932,59	21,2%
Medio Quilca – Vítor – Chili	2 334,60	16,9%
Salinas	655,73	4,7%
Sigwas	1 762,38	12,8%
Sumbay	721,43	5,2%
Unidad Hidrográfica 1319	360,38	2,6%
Yura	1 534,26	11,1%
Cuenca Total	13 817,39	100,0%

Fuente: ANA (2016)

Se estima que su población actual al 2016 es de 30 564 habitantes (Gerencia Regional de Salud Arequipa, 2016), siendo el centro poblado más importante alrededor de la cuenca Chili luego de Arequipa Metropolitana, en este último se concentra la mayor parte de la población en los diferentes distritos como Cerro Colorado, Paucarpata, Cayma, entre otros.

Incluso ha sido considerada como “el distrito con mayor potencial a ser la nueva Arequipa por los atributos que posee”, según el Gerente General del Proyecto Inmobiliario San Isidro, William Lavallo Mauricio. Su afirmación se basa en que La Joya es un distrito emergente que concentra actividades económicas concernientes con la agroindustria, comercio y servicios, y su cercanía a la Panamericana Sur, les da una fortaleza a estas para continuar creciendo. Además, las obras a realizarse como el Proyecto San Isidro y la construcción de la carretera Arequipa – La Joya aumentan su posibilidad de convertirse en el próximo centro de desarrollo.

Esta última obra en curso, según el presidente Kuczynski, beneficiaría a más 1 millón 300 mil arequipeños que podrán transitar de manera más rápida y segura y, mejoraría la calidad de vida ya que facilitaría el transporte de distintos productos agrícolas, comerciales e industriales.

Sin embargo, a lo largo de las décadas, su producción de productos agrícolas como la alfalfa, papa, maíz, trigo, cebolla, palta, uva, zanahorias, entre otras, se ha visto afectada por la contaminación del agua del río Chili traída desde la bocatoma de Socosani. A tal punto que muchos proyectos de exportación se han visto perjudicados, tal es el caso de los programas relacionados con las cebollas, espárragos y orégano.

No obstante, la calidad de vida de la población también se ha visto dañada por este problema, siendo así que, en el 2012, EsSalud atendió 432 enfermedades infecciosas, mientras el Ministerio de Salud (MINSA) registró 2 502 enfermedades diarreicas y 201 infecciones en la piel.

También, en el año 2015, la Autoridad Local del Agua Chili (ALA Chili) detectó que en la zona de la Quebrada de Añashuayco, las curtiembres del Parque Industrial de Río Seco vierten diversos metales pesados como cromo, sulfuro y

azufre a las aguas del río Chili afectando a los agricultores de La Joya Antigua y Nueva, San Camilo y algunos lugares de Sachaca.

En la actualidad, bajo un convenio, la minera Cerro Verde ha construido una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) llamada La Enlozada ubicada en las Pampas Verdes, Uchumayo; sin embargo, esta se ha visto envuelta en varias quejas y problemas debido a la disposición acordada del uso del agua que, según alega la Junta de Usuarios, perjudica a la agricultura.

No obstante, diversas empresas siguen vertiendo sus aguas residuales de manera ilegal en el río y, a pesar de que algunas han sido multadas como el Club Internacional, la Escuela de la Policía Nacional del Perú, los restaurantes Munay Mallo, El rosal, entre otros, aún continúan contaminando.

Por otro lado, el proyecto de las plantas de agua y desagüe en La Joya aún no se concluye al 100%. De las tres PTAR previstas en La Cano, San Camilo y San Isidro, solo las dos últimas, están proyectadas. Mientras que la PTAP de La Joya, que viene siendo ejecutada de hace cuatro años, se encuentra en un 90% de avance.

### 2.2.3. Agua

El agua cumple un papel muy importante tanto en la vida humana como en la actividad socio – económica de un país. Sigue un sistema dinámico y complejo en el cual también están presentes gases y sustancias inorgánicas y orgánicas, es por ello, que no se puede encontrar agua en estado puro. La figura 2.6 muestra el ciclo que sigue el agua y las diferentes características que adquiere durante los cambios que sufre en cada fase.

Figura 2.6

## Ciclo del agua



Fuente: U.S. Geological Survey

Las aguas naturales pueden clasificarse según la dureza, la cual se define como concentración de sales solubles de calcio y magnesio, en:

### a) Agua blanda

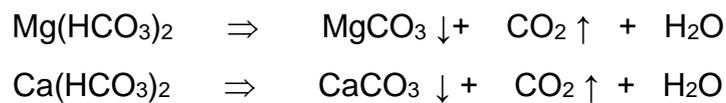
Contiene una mínima concentración de carbonato de calcio y otros iones y genera espuma fácilmente con el jabón.

### b) Agua dura

Esta última produce la formación de precipitados sólidos insolubles y su presencia es perjudicial en muchos procesos industriales donde utilizan calderas, intercambiadores de calor, evaporadores, etc., ya que sustancias sólidas se adhieren a las paredes. Dentro del ámbito doméstico también representa un problema al disminuir el poder limpiador del jabón y formar precipitados.

Se detecta a través de indicadores de calidad del agua, en este caso por la presencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{HCO}_3^-$  (bicarbonato) solubles en el agua. A partir de este, se clasifica en diversos tipos de dureza:

- a) **Dureza temporal:** Presenta presencia de los bicarbonatos de calcio y de magnesio disueltos en el agua. Se logra eliminar por calentamiento o ebullición, ya que los bicarbonatos empiezan a descomponerse y precipitarse como carbonatos siguiendo las siguientes reacciones:



- b) **Dureza permanente:** Presenta nitratos, sulfatos y cloruros de calcio y magnesio solubles en el agua que no se pueden eliminar por ebullición del agua.
- c) **Dureza total:** Es la suma de la dureza temporal y permanente, es decir, de las sales solubles de calcio y magnesio.

En la tabla 2.9 se muestra la clasificación del agua en función a las concentraciones de las sales del agua medidas en ppm de  $\text{CaCO}_3$  o como equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ .

Tabla 2.9

Clasificación tipo de agua

Dureza en ppm de $\text{CaCO}_3$	Calificación del tipo de agua
0 – 75	Agua suave
75 – 150	Agua poco dura
150 – 300	Agua dura
>300	Agua muy dura
Máx. 300	Límite permisible para el agua potable
0	Límite de dureza para agua de calderas

Fuente: Universidad de Lima (2016)

### Tratamiento del agua

Normalmente, el agua superficial tiene un elevado contenido de sólidos suspendidos, bacterias, algas, materia orgánica que provocan mal sabor y olor, por otro lado, el agua subterránea tiene elevado contenido de sales disueltas y posiblemente bacterias. Es por ello, que se realiza un tratamiento para mejorar las características del agua cruda con el objetivo de que cumpla con los parámetros de calidad requeridos, el tipo de tratamiento a utilizar depende del uso final que se le dé al recurso hídrico y la información sobre su origen: características de la fuente, el caudal; que es un factor determinante para la inversión de equipos y el costo de procesamiento, y la estacionalidad.

En la tabla 2.10 se presenta las etapas que tiene un tratamiento del agua:

Tabla 2.10

Etapas del tratamiento

Tratamiento	Descripción
Tratamiento primario	Separa sustancias no solubles en el agua (sólidos y líquidos no miscibles) y de material inorgánico disuelto.
Tratamiento secundario	Se realiza un tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta en el agua, convirtiéndola en sólidos suspendidos que se eliminan con facilidad.
Tratamiento terciario	Procesos adicionales como separación de sales disueltas, nutrientes, patógenas y otros, con el fin de mejorar la calidad del agua para uso industrial o de los efluentes.

Fuente: Universidad de Lima (2016)

También se debe realizar un proceso de tratamiento a las aguas que han sido utilizadas para diversas actividades económicas, debido a que éstas arrastran diferentes materiales, como los presentados en la tabla 2.11, que deben ser separados antes de verterlos en el sistema de alcantarillado u otro tipo de sistema de descarga.

Tabla 2.11

Materiales en el agua

Materiales	Ejemplos
Sólidos grandes	Cajas, botellas, ramas
Sólidos flotantes	Cáscaras, "tecnopor", botellas, bolsas
Sólidos pequeños y densos	Arena, grava
Sólidos pequeños y poco densos	Arcillas, minerales no compactos
Partículas pequeñas	Polvo
Líquidos no miscibles	Aceites, kerosene
Gases disueltos	Aire, CO <sub>2</sub>
Sustancias disueltas	Alcoholes, fertilizantes
Sales ionizadas	Carbonatos, cloruros
Bacterias, virus	Coliformes

Fuente: Universidad de Lima (2016)

El tratamiento inicia con el retiro de los materiales sólidos grandes y los materiales en suspensión bajo el método de sedimentación. Este utiliza el principio de gravedad para poder separar los materiales sólidos de grandes cantidades de agua, se utilizan dos tipos de sedimentadores:

- Estáticos de flujo horizontal que buscan reducir la velocidad del agua para decantar las partículas.
- Verticales de flujo ascendente donde las partículas al cambiar de dirección del flujo pierden energía potencial por impacto con las paredes.

En algunas ocasiones, este método toma demasiado tiempo debido al tamaño de partículas, por eso se realiza un paso previo a la sedimentación: Coagulación y floculación.

La coagulación se utiliza para neutralizar las cargas que presentan las partículas coloidales y por las cuales se repelen entre ellas, no permitiendo su unión y, por ende, su incremento de masa. Luego de ello, se realiza la floculación que permite la aglomeración de las partículas finas en partículas de mayor tamaño llamada flocúlos que logran hacer más rápida y fácil la sedimentación.

En la tabla 2.12 se muestran los principales floculantes – coagulantes utilizados en la industria.

Tabla 2.12

Floculante – coagulante

Sales de Aluminio	- Sulfato de aluminio - Cloruro de aluminio
Sales de Hierro	- Sulfato ferroso - Cloruro férrico - Sulfato férrico
Polielectrolitos (polímeros)	- Poliacrilamida - Poliacetato de vinilo

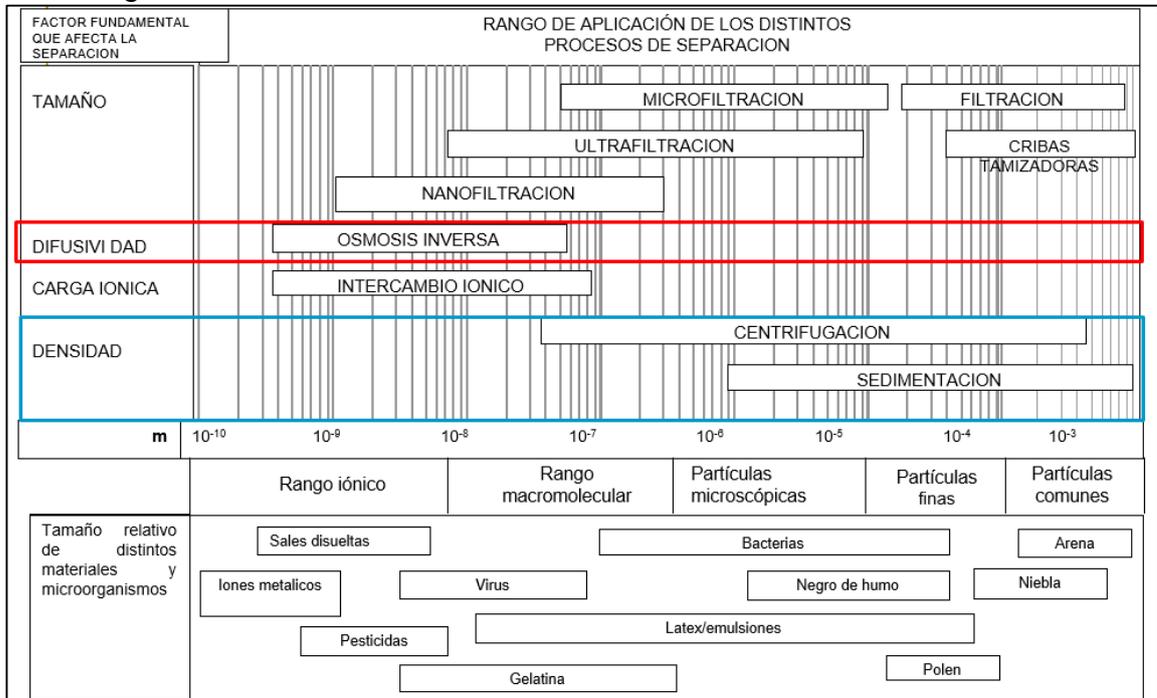
Fuente: Universidad de Lima (2016)

En los procesos de tratamiento, no siempre es posible disminuir por completo la velocidad del agua, es por esta razón que se utiliza la filtración para retener las partículas que no se han logrado sedimentar. El proceso de filtración consiste en

el paso del agua a través de una capa porosa (material filtrante), de composición granulométrica, que retiene a las partículas en suspensión. El material filtrante más utilizado es la arena con un contenido mínimo de 98% de sílice y un máximo de 5% de sustancias orgánicas.

Se puede utilizar la tecnología de membranas en el tratamiento del agua que representan un menor costo operativo y mejora la calidad de los productos o el agua. En la figura 2.7 se muestra el rango de aplicación de los diversos procesos de separación.

Figura 2.7  
Tecnología de membranas



Fuente: Universidad de Lima (2016)

Luego del retiro de materiales sólidos, sigue la captura y posterior eliminación del material particulado fino, olor, color, sustancias disueltas y sustancias ionizadas.

Muchas sustancias químicas presentes en el agua, bajo la acción de diferentes variables como temperatura, pH, concentración y presencia de gases disueltos, se disocian y/o disuelven en cationes y aniones. En la tabla 2.13 se muestra los métodos tradicionales a utilizar para eliminarlas.

Tabla 2.13

Métodos tradicionales

Método	Descripción
Método térmico	Calentamiento: Se calientan las sales solubles que precipitan al convertirse en sales insolubles. Ejm: bicarbonatos de calcio y magnesio.
	Evaporación: separa el vapor de agua mientras concentra las sales disueltas.
Método químico	Utiliza reactivos químicos para transformar compuestos solubles en insolubles.

Fuente: Universidad de Lima (2016)

Actualmente, se utiliza el método de intercambio iónico que consiste en retirar determinados iones presentes en el agua a través de materiales sólidos conocidos como resinas sintéticas y naturales (zeolitas) que brindan a cambio sus iones. Se realiza dos procesos a partir de este método:

- Ablandamiento del agua:

A través del uso de las resinas catiónicas y zeolitas se busca eliminar los cationes  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  del agua dura e intercambiarlos por iones  $\text{Na}^+$  o  $\text{K}^+$ . Para este proceso se utilizan torres rellenas de zeolita o resinas catiónicas por las que el agua fluye desde la parte superior y sale por la parte inferior como agua blanda. Cuando estos materiales sólidos se agotan, es decir, agotan su capacidad de cambio de iones se realiza la regeneración que consiste en un retrolavado con una solución  $\text{NaCl}$  al 10%.

- Desmineralización completa:

Se realiza en etapas sucesivas siendo la primera el intercambio de cationes por iones  $\text{H}^+$  empleando las resinas tipo R-H, hechas actualmente a base de polímeros sintéticos tales como los copolímeros del estirendivinilbenceno en forma de sulfonato ( $\text{SO}_3^-$ ). En la siguiente etapa se intercambian aniones por iones  $\text{OH}^-$  utilizando resinas tipo R-OH, se emplean sales de amonio cuaternarias amina para intercambiar aniones. Finalmente, existirán iones  $\text{H}^+$  e iones  $\text{OH}^-$  que se combinan para formar el agua que ha sido completamente desmineralizada.

Concluyendo con el tratamiento se pasa a retirar las partículas microscópicas tales como bacterias, esporas, virus, etc., para ello se utiliza la esterilización que tiene como objetivo eliminar los agentes patógenos del agua. En la tabla 2.14 se detallan los diversos métodos que se tienen para este fin.

Tabla 2.14  
Métodos de esterilización

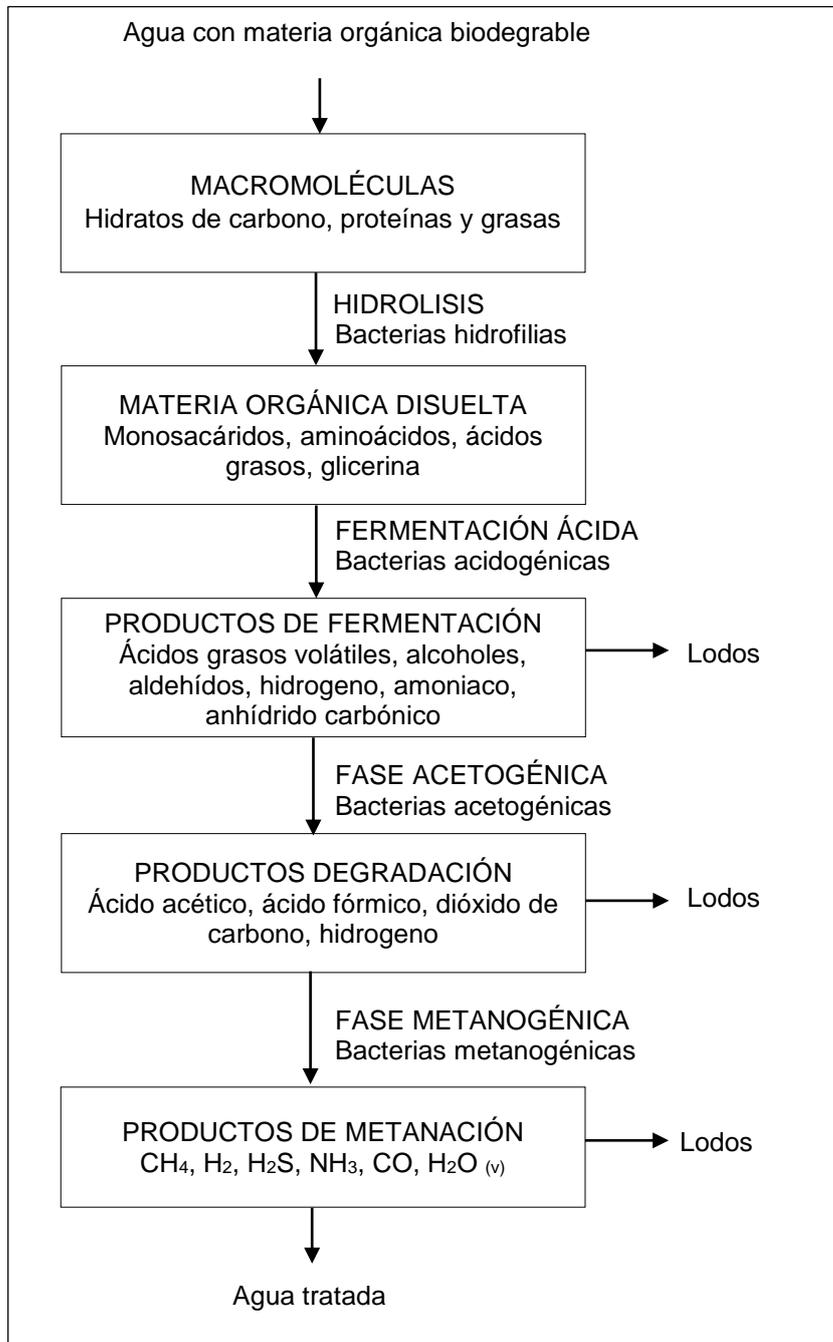
Métodos	Tipos
Métodos físicos	Proceso térmico – hervir el agua por 10 minutos
	Rayos ultra-violetas (UV)
	Membranas de alta tecnología
Métodos químicos	Tratamiento con cloro
	Agentes oxidantes como ozono, permanganato de sodio, etc.

Fuente: Universidad de Lima (2016)

Para la eliminación de la materia orgánica biodegradable que son residuos humanos, de alimentos, detergentes, etc., se utilizan diversas bacterias en reactores con filtros percoladores o con biodiscos removibles para convertirla en masa biológica sólida, la cual pasará a los tanques de sedimentación para separar el agua tratada de los lodos y gases producidos. En la figura 2.8 se muestra las etapas de depuración biológica.

Figura 2.8

Etapas de eliminación de materia orgánica biodegradable



Fuente: Universidad de Lima (2016)

#### 2.2.4. ECA's

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA's) son un instrumento de la gestión ambiental realizado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) con el fin de fijar valores máximos permitidos para hacer prevalecer la conservación de la calidad ambiental. Estos establecen niveles de concentración de elementos o sustancias en un componente del ambiente que no sean dañinos para la salud y el medio ambiente. A diferencia de los Límites Máximos Permisibles (LMP), estos no se fiscalizan y no se evalúan en emisiones o efluentes de empresas, sino que son indicadores generales (Ministerio del Ambiente [MINAM], s.f.).

En el Perú, se tienen 5 diferentes ECA's, los cuales tienen diversa cantidad de parámetros como se ve en la tabla 2.15.

Tabla 2.15

##### ECA's del Perú

ECA	Parámetros	Notas
Ruido	1	Define los niveles de ruidos aceptables en decibeles.
Radiaciones No Ionizantes	4	Regula las radiaciones que generan las líneas de corriente eléctrica, rayos infrarrojos, radiación ultravioletas y otros.
Aire	10	Actualmente, existe un parámetro para el mercurio.
Suelo	21	Mide la concentración de componentes químicos en el suelo.
Agua	104	Presentan elementos microbiológicos y físico – químicos.

Fuente: Ministerio del Ambiente (MINAM) (2017)

Para el presente estudio, se utilizará el ECA del Agua, en el cual se han actualizado 9 parámetros en el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM del 07 de junio de 2017, referentes a Coliformes Totales, Amoniaco, Aldicarb, Antimonio, Cadmio, Cianuro, *Escherichia Coli*, Enterococos Intestinales y Huevos y Larvas de Helmintos.

En este Estándar de Calidad, se clasifica al agua en 4 categorías que a la vez se abren en subcategorías como se observa en la tabla 2.16. El encargado de

definir la categoría que recibe un cuerpo natural de agua es la Autoridad Nacional de Agua (ANA).

Tabla 2.16

Clasificación del agua

Categoría	Subcategoría	Divisiones
1: Poblacional y recreacional	A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	A.1 – Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección
		A.2 – Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional
		A.3 – Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
	B: Aguas superficiales para recreación	B.1 – Contacto primario
		B.2 – Contacto secundario
2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales	C.1: Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	
	C.2: Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas en aguas marino costeras	
	C.3: Actividades marino portuarias, industriales o de saneamiento en aguas marino costeras	
	C.4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas	
3: Riego de vegetales y bebida de animales	D.1: Riego de vegetales	Agua para riego no restringido
		Agua para riego restringido
	D.2: Bebida de animales	
4: Conservación del ambiente acuático	E.1: Lagunas y lagos	
	E.2: Ríos	Ríos de la costa y sierra
		Ríos de la selva
	E.3: Ecosistemas costeros y marinos	Estuarios
Marinos		

Fuente: Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM

El río Chili consta de dos clasificaciones:

- Antes de su captación de agua potable de SEDAPAR, toma la categoría 1 – A.2, es decir, es un agua que para su consumo necesita un tratamiento convencional.
- Debajo de esta captación, el agua se clasifica en la categoría 3 – Riego de vegetales y bebida de animales.

Como el presente trabajo está dirigido a conocer si el río Chili presenta una buena calidad del agua para la población, se tomarán como indicador la categoría 1, sub categoría A, divisiones A.1, A.2 y A.3 dirigida al consumo humano. Estas categorías, como se visualiza en la tabla 2.17, se diferencian por el previo tratamiento que debería recibir el agua para poder ser consumida por las personas.

Tabla 2.17

Categorías a utilizar

Categoría	Significado
A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable	Referidas a las aguas que requieren un previo tratamiento antes de su consumo.
A.1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Si el agua estudiada cumple con los límites de esta división significa que el agua está dirigida al consumo humano luego de efectuar una simple desinfección.
A.2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Si el agua estudiada cumple con los límites de esta división significa que debe ser sometida a un tratamiento convencional, es decir, a dos o más de los siguientes procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; además de su desinfección.
A.3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Si el agua estudiada cumple con los límites de esta división significa que el agua está dirigida al consumo humano luego de efectuar un tratamiento convencional que incorpora procesos físicos y químicos avanzados como precloración, micro filtración, ultra filtración, nanofiltración, carbón activado, ósmosis inversa u otros.

Fuente: El Peruano (2015)

Al igual que las demás categorías, estas están conformadas por una serie de parámetros que presentan límites con los cuales se puede clasificar el agua de ríos y lagunas. Para este estudio sobre la dureza presente en el río Chili se usarán los siguientes parámetros expresados en la tabla 2.18 con sus debidos límites.

Tabla 2.18

Parámetros de estudio

Parámetro	Unidad	A1	A2	A3
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0
DO	mg/L Oxígeno disuelto	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Presencia de nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	50	50
Presencia de nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	3	3	**
Conductividad	μS/cm	1 500	1 600	**
Dureza	mg/L	500	**	**
Presencia de cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	250	250
TDS	mg/L	1 000	1 000	1 500

Elaboración propia

### 2.2.5. Litiasis

La litiasis renal o nefrolitiasis o urolitiasis es uno de los padecimientos más frecuentes, se define como la presencia de cálculos insolubles o masas sólidas en el sistema urinario, es decir, en el interior de los riñones, vías urinarias (uréteres) o vejiga. Se forman por la excesiva concentración de alguna sustancia orgánica o inorgánica presente en la orina.

Los más comunes están constituidos por calcio; generalmente, de oxalato cálcico, siendo este protagonista del 65% de los casos (Clínica Universidad de Gamarra, s.f.). Otros cálculos pueden tener como principal componente al fosfato cálcico, ácido úrico que es un compuesto consecuente de la descomposición de sustancias llamadas purinas por el organismo, más común en hombres, puede ocurrir por gota o quimioterapia; estruvita, que pueden padecer las mujeres por infecciones del tracto urinario con gérmenes ureolíticos; o cistina, que es un aminoácido. El padecimiento de este último es muy poco frecuente, ya que es una afección hereditaria.

Estos cálculos pueden pasar desapercibido dependiendo de su tamaño, normalmente se sienten cuando pasan por las vías urinarias o uréteres. Los principales síntomas que se pueden presentar son: cólico nefrítico o renal, el cual es un dolor en la zona lumbar o espalda baja y se puede extender hacia la ingle y los genitales; náuseas y vómitos, fiebre y hematuria, que es la presencia de sangre en la orina y/o su cambio de color.

“La mayoría de los cálculos son expulsados espontáneamente en 3 o 4 semanas” según el Dr. David Rosell Costa, Especialista en el Departamento de Urología (Clínica Universidad de Navarra, s.f.). Actualmente, los procesos son no invasivos, y el 90 a 95% de los cálculos pueden eliminarse por esa vía.

En la tabla 2.19 y 2.20, se muestra, anualmente y por distrito, el número de personas que han sufrido las diferentes variantes de la Litiasis Urinaria, codificadas en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), emitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como N 20 a 23.

Tabla 2.19

Casos anuales 2012 a 2014

Código CIE	Nombre de la enfermedad	2012		2013		2014	
		La Joya	Mariano Melgar	La Joya	Mariano Melgar	La Joya	Mariano Melgar
N 20	Cálculo del riñón y uréter	31	27	48	27	89	27
N 21	Cálculo de las vías urinarias inferiores	1	0	1	0	1	0
N 22	Cálculo de las vías urinarias en enfermedades clasificadas en otra parte	0	3	3	2	0	0
N 23	Cólico renal, no especificado	16	9	21	7	21	7

Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

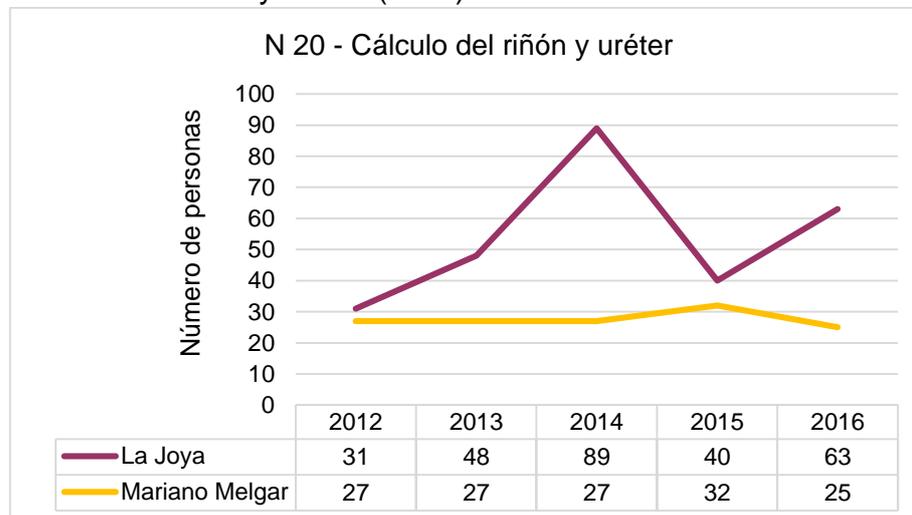
Tabla 2.20  
Casos Anuales 2015 y 2016

Código CIE	Nombre de la enfermedad	2015		2016	
		La Joya	Mariano Melgar	La Joya	Mariano Melgar
N 20	Cálculo del riñón y uréter	40	32	63	25
N 21	Cálculo de las vías urinarias inferiores	1	0	1	1
N 22	Cálculo de las vías urinarias en enfermedades clasificadas en otra parte	7	1	0	1
N 23	Cólico renal, no especificado	24	5	31	2

Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Asimismo, en la figura 2.9, 2.10, 2.11 y 2.12, se muestra las tendencias de ambos distritos, donde se puede observar que las enfermedades más comunes son: Cálculo del riñón y uréter, y cólico renal, no especificado; sin embargo, en todos los padecimientos, el distrito de La Joya presenta un mayor número de pacientes, que el de Mariano Melgar.

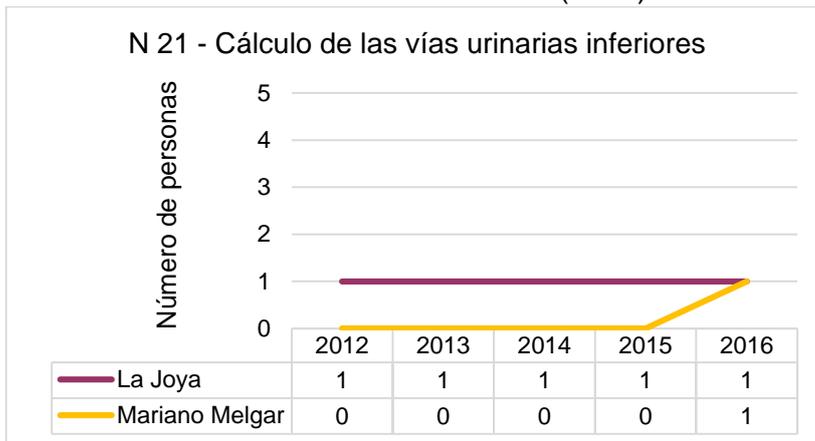
Figura 2.9  
Cálculo del riñón y uréter (N 20)



Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Elaboración propia

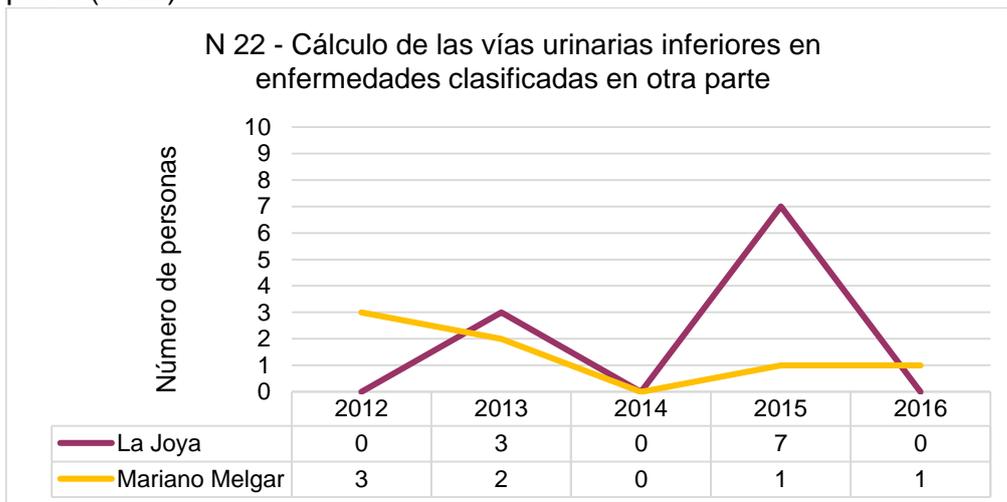
Figura 2.10  
Cálculo de las vías urinarias inferiores (N 21)



Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Elaboración propia

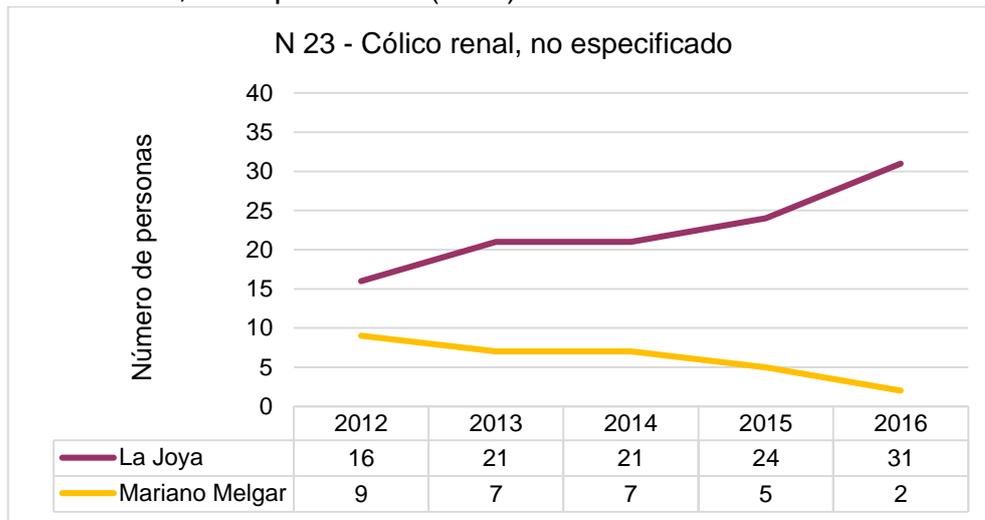
Figura 2.11  
Cálculo de las vías urinarias inferiores en enfermedades clasificadas en otra parte (N 22)



Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Elaboración propia

Figura 2.12  
Cólico renal, no especificado (N 23)



Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Elaboración propia

Según el doctor José Molina del Hospital Nacional Edgardo Rebagliati Martins (2018): “A nivel clínico, se presume de una causa etiológica que predispone a la formación de cálculos (litiasis) ya que la naturaleza de estos se debe a la formación de oxalato de calcio, hidroxapatita y fosfatos”.

### 2.3. Marco Conceptual

#### 2.3.1. Conceptos relacionados al problema

- **Agua residual:** es el agua que ha sido utilizada en actividades domésticas, comerciales, industriales y servicios. Pueden clasificarse en: aguas residuales municipales e industriales (Cuido el agua, 2009).
- **Agua subterránea:** es el agua que viene de la infiltración de las aguas meteóricas en las capas de la tierra, acumulándose en depósitos (napas freáticas) y/o ríos subterráneos. Tiene un alto contenido de CO<sub>2</sub> que disuelve los carbonatos de calcio (piedra caliza) o de magnesio, formando bicarbonatos solubles de calcio o bicarbonatos de magnesio (Universidad de Lima, 2016).

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): Es una variable que mide la cantidad de oxígeno requerida por los micro-organismos para descomponer por oxidación la materia orgánica en las sustancias. La DBO se utiliza para determinar el grado de contaminación y normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO<sub>5</sub>) y se expresa en mg O<sub>2</sub>/L de agua a la temperatura de 20 °C (Universidad de Lima, 2016).
- Lixiviación: Es un proceso hidro – metalúrgico utilizado en minería, que busca utilizar el agua como medio de transporte mientras se usan químicos específicos para separar metales valiosos de los que no lo son (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, s.f.).
- Riego por secoano: Los cultivos solo reciben el agua aportada por las lluvias (Quaranta, G., s.f.).
- Unidad Hidrográfica: También conocida como cuenca hidrográfica, es el área drenada por un río, es decir, el territorio que vierte sus aguas por un trayecto delimitado por la topografía y la línea de las cumbres o divisoria de aguas, al mar o a un lago endorreico. (Centro Peruano de Estudios Sociales, s.f. y Universidad de La Punta, s.f.)

### 2.3.2. Marco Legal

- Ley N° 26821 - Decreto Supremo N° 044-98-PCM que aprueba el Reglamento de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles
- Ley N.º 29338, Ley de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

- Decreto Supremo N.º 006-2015-MINAGRI, Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.
- Decreto Supremo N.º 004 – 2017 – MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias
- Resolución Jefatural N.º 202-2010-ANA, que aprueba la Clasificación de Cuerpos de Agua Superficiales y Marino - Costeros.

## 2.4. Hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis General

El agua que tiene un papel muy importante en la actividad socioeconómica de la región Arequipa, distrito La Joya, y que constituye un elemento muy indispensable para el desarrollo de la actividad humana presenta un nivel de dureza que impide el adecuado desarrollo de la vida diaria de la población de la parte media – baja del río Chili.

### 2.4.2. Hipótesis Específicas

- 2.4.2.1 La dureza presente en la parte media – baja del río Chili sobrepasa los límites máximos permisibles concernientes al agua destinada para consumo humano.
- 2.4.2.2 El agua dura dificulta las operaciones domésticas como el proceso global de lavado de ropa.
- 2.4.2.3 El agua dura afecta la salud de la población de la parte media – baja del río Chili.

## **CAPÍTULO III:**

### **MÉTODO**

#### 3.1 Tipo

En el presente trabajo se realizará una investigación descriptiva – deductiva con el fin de plantear y analizar la contaminación del río Chili y cómo ésta podría estar afectando la vida diaria de los pobladores de los pueblos aledaños.

Esta investigación presenta variables transversales cuantitativas y cualitativas, puesto que se recopilarán ambos tipos de datos de dos sujetos distintos (la población de Mariano Melgar y la Joya) en un mismo periodo de tiempo. El estudio también presenta variables longitudinales cuantitativas, que se tomarán de dos muestras del agua del río Chili en el distrito de La Joya en dos momentos distintos referidos a las épocas de estiaje y avenida. Todas estas serán analizadas y contrastadas para determinar la veracidad de las hipótesis planteadas.

### 3.2. Diseño de Investigación

Con el fin de determinar la presencia de dureza en el río Chili se analizará y definirá la veracidad de las 3 hipótesis específicas relacionadas con los objetivos específicos del presente trabajo. Para ello, se reunirán los datos pertinentes para examinar y confrontar las distintas variables según la hipótesis planteada.

Se registrarán los datos cuantitativos y cualitativos por medio de una prueba controlada y, a través de encuestas a las muestras representativas del distrito de La Joya, que utiliza el agua del río Chili para sus necesidades del día a día. Por otro lado, también se recopilarán por medio del análisis a las muestras captadas en los distritos de La Joya y Mariano Melgar con el fin de contrastar los valores hallados con las tolerancias máximas permisibles aceptadas para el agua destinada al consumo humano.

### 3.3. Estrategia de la prueba de hipótesis

Para determinar la veracidad de las hipótesis propuestas, se planteó la utilización de las siguientes distribuciones estadísticas mostradas en la tabla 3.1.

Tabla 3.1

Distribuciones

Hipótesis	Distribución
La dureza presente en la parte media - baja del río Chili sobrepasa los límites máximos permisibles concernientes al agua destinada para consumo humano.	T - Student
El agua dura dificulta las operaciones domésticas como el proceso global de lavado de ropa.	T- Student para muestras independientes
El agua dura sí afecta la salud de la población de la parte media – baja del río Chili.	Chi-cuadrado ( $X^2$ )

Elaboración propia

La primera hipótesis específica referida a conocer cuál es el nivel de dureza fue determinada mediante la distribución T-Student. Esta prueba se realizó para cada dimensión de la variable dureza, es decir, se planteó una hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ) para cada uno de los parámetros: pH, dureza, total de sólidos disueltos (TDS), presencia de nitratos y cloruros. Para llevar a cabo esta distribución se comparó los datos obtenidos de las muestras de agua en dos momentos distintos, época de estiaje y avenida, del distrito de La Joya con el límite máximo permisible (LMP) que debe cumplir cada parámetro.

Además, para la dimensión dureza se desarrolló otras pruebas comparándola con el límite gustativo dictaminado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y con su clasificación de la dureza del agua, tal y como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Clasificación de la dureza por la OMS

Concentración de CaCO <sub>3</sub> mg/L	Tipo
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
> 180	Muy dura

Fuente: WHO (2011)

Para determinar la relación entre el agua dura y el proceso global de lavado, descrita en la segunda hipótesis específica, se hizo uso de la prueba t – Student para muestras independientes. Se relacionó la variable agua muy dura con el distrito de La Joya y agua moderadamente dura con el de Mariano Melgar, ya que uno presenta mayor dureza que el otro.

Para su buena realización, las muestras deben cumplir con dos requisitos importantes: presentar una distribución normal, la cual se determinó por la prueba estadística Shapiro Wilk para muestras pequeñas; y cumplir con la característica de homocedasticidad, es decir, que las muestras tengan varianzas iguales. Para esta última, se realizaron 2 pruebas, F de Snedecor y Levene, ya que al trabajarse con muestras pequeñas puede haber un error en la aceptación o no de la hipótesis nula. Una vez cumplidas las condiciones, se pasó a analizar los tiempos obtenidos en la prueba experimental de lavado. No se distinguieron las pasadas realizadas con jabón o detergente, ya que estas se comportaban igual. Además, por teoría se conoce que, en un medio de agua dura, tanto el jabón como el detergente, se demorarán más que en uno de agua blanda o de menor dureza.

Por último, también se realizó la prueba de chi – cuadrado para la tercera hipótesis concerniente a la relación entre el agua dura y la salud, específicamente, la enfermedad de la litiasis. Al igual que en la hipótesis anterior, se vinculó el nivel de dureza obtenido en las muestras con sus respectivos distritos. Los datos utilizados en esta distribución fueron obtenidos de las

encuestas hechas en el distrito de La Joya, y las respuestas de 270 personas del distrito de Mariano Melgar. Se planteó una hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ) correspondiente a la existencia de una posible relación o no, la cual será determinada por las diferencias encontradas en las frecuencias observadas y esperadas que arroja esta prueba estadística.

### 3.4. Variables

Las variables a tratar serán tomadas en el distrito de La Joya, el cual representa a la parte media – baja Quilca – Vítor – Chili, y Mariano Melgar, que pertenece a la parte media de la cuenca y a Arequipa metropolitana, con el objetivo de realizar una comparación del agua con distintos grados de dureza. Estas se obtendrán a través de tres técnicas de investigación: la encuesta, una prueba controlada y la toma de muestra de agua para su análisis.

### 3.5. Población

La región de Arequipa tiene el 4,13% del total de la población peruana, siendo su tendencia creciente como se muestra en la tabla 3.3. Los distritos elegidos para este trabajo: La Joya y Arequipa metropolitana (Mariano Melgar), como se muestra en la tabla 3.4, también presentan una tendencia creciente conforme pasan los años y representan el 2,35% y 4,10% respectivamente de la población de la región.

Tabla 3.3

Población de Arequipa

Año	Arequipa
2010	1 218 168
2011	1 231 553
2012	1 245 251
2013	1 259 162
2014	1 273 180
2015	1 287 205

Fuente: INEI (2017)

Tabla 3.4

Población de La Joya y Mariano Melgar

Año	Distrito	
	La Joya	Mariano Melgar
2010	26 664	53 326
2011	27 358	53 225
2012	28 065	53 112
2013	28 781	52 985
2014	29 505	52 837
2015	30 233	52 667

Fuente: INEI (2017)

### 3.6. Muestra

Para determinar el tamaño de muestra o el número de encuestas a aplicar, se utiliza la siguiente fórmula de muestreo, ya que se conoce el tamaño de la población:

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

En la fórmula anterior, se toma el valor 0.5 tanto para p como para q con el objetivo de hallar el máximo tamaño de muestra. Se toma un nivel de confianza del 90%, es decir, una Z de 1.65 y un error de muestra del 5%. De esta manera, se obtiene que el número de encuestas a realizar en el distrito de La Joya es de 270 encuestas.

### 3.7. Técnicas de Investigación

#### 3.7.1. Instrumentos de recolección de datos

Para la realización de este trabajo se empleará distintas fuentes de información:

Fuentes primarias:

A través de encuestas se analizará y determinará la calidad de vida de los pobladores en función a su salud y actividades diarias como el lavado de prendas, así como una prueba experimental controlada de esta última. Asimismo, se tomarán muestras de agua para identificar y analizar la dureza presente en la cuenca del río Chili.

Fuentes secundarias:

Se utilizará diferentes fuentes de acceso abierto como las estadísticas del INEI, para determinar la población de los distritos a investigar, los planes de gestión de los recursos hídricos por parte del ANA, así como también, se empleará el marco normativo en relación a los ECA's del agua. Además, se hará uso de diversos cuadros referidos al tema de salud ofrecidos por la Gerencia Regional de Salud Arequipa.

### 3.7.2. Validación de los instrumentos por juicio de expertos

Para la recolección de información de la población del distrito de La Joya, se diseñó y utilizó una encuesta, la cual fue presentada y analizada por un grupo de 4 expertos con el fin de buscar la precisión y exactitud del instrumento para recabar los datos necesarios.

De forma individual, los expertos fueron contactados e informados sobre el propósito de la investigación, también se les confirió la matriz de consistencia y de operacionalización para un correcto juicio. Además, se les adicionó el instrumento a analizar: la encuesta, y el formato donde pudieron valorar el instrumento y plasmar sus observaciones.

En la tabla 3.5 se contempla la calificación obtenida en cada ítem por cada experto, donde los sí representaron el número 1 y los no, el 0.

Tabla 3.5

Valoraciones de expertos

Pregunta \ Juez	3	4	5	6	7
1	3	2	3	3	2
2	2	2	4	4	3
3	2	1	3	3	3
4	4	3	4	4	4

Elaboración propia

A partir de esto, se halló el alfa de Cronbach, a través de la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde,

K = Número de ítems

$S_i^2$  = Suma de las varianzas de los ítems

$S_T^2$  = Varianza de la suma de los ítems

$\alpha$  = Alfa de Cronbach

En la tabla 3.6 se muestra, los datos de cada variable y el resultado final.

Tabla 3.6

Validación del instrumento

Variable	Valor
K	5
$S_i^2$	2,9167
$S_r^2$	9,5833
$\alpha$	0,8696

Elaboración propia

Se tiene un resultado de 0,87 y, al ser cercano a 1, se valida la confiabilidad en el instrumento y su utilidad en la investigación.

### 3.7.3. Procesamiento y análisis de datos

La tabla 3.7 muestra las técnicas cualitativas y cuantitativas utilizadas para medir los parámetros elegidos en este estudio para analizar el agua, las cuales serán explicadas a lo largo de este punto.

Tabla 3.7

Métodos

Método	Tipo	Parámetros
Método electroquímico (sensor)	Cualitativa	pH, Oxígeno Disuelto (OD) y conductividad.
Método colorimétrico	Cualitativa	Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) y Dureza.
Titulación (Titulador Digital)	Cuantitativa	Dureza.
Turbidímetro	Cualitativa	Total de Sólidos Disueltos (TDS)

Elaboración propia

Para determinar las dimensiones de las variables Dureza se realizó el análisis del agua a 3 muestras distintas, una del distrito de Mariano Melgar y las demás en La Joya, donde una pertenece a la época Estiaje que comprende los meses de mayo a noviembre, y la época de Avenida en los de diciembre y abril.

Con el fin de hallar los parámetros de pH, oxígeno disuelto (OD) y conductividad se utilizó el equipo Multiparámetro, marca: Hach, modelo: HQ40d que se aprecia en la figura 3.1.

Figura 3.1

Equipo Multiparámetro



Elaboración propia

El método que utiliza este equipo es el método electroquímico conocido como potenciómetro, el cual consiste en medir la diferencia de potencial de dos electrodos con el fin de conocer la composición de la solución a estudiar.

Para ello, se necesita un electrodo de referencia cuyo potencial debe ser conocido, constante, no ser sensible a la solución de estudio y ser capaz de regresar a su potencial normal luego de recibir pequeñas corrientes eléctricas;

un electrodo indicador que es el causante del cambio de potencial, el cual depende de la concentración del analito<sup>2</sup>, y un voltímetro para la medición.

En este caso, como se ve en la tabla 3.8, se utilizaron los siguientes electrodos para la medición de los diversos parámetros que también se pueden apreciar en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4:

Tabla 3.8

Electrodos

Tipo de electrodo	Parámetro
Electrodo combinado con sensor de temperatura de junta de cerámico con gel semilíquido	pH
Tecnología LDO basada en luminiscencia	DO
Celda de conductividad con 4 pines de grafitos y con sensor de temperatura.	Conductividad

Elaboración propia

Figura 3.2

Electrodo de pH



Elaboración propia

---

<sup>2</sup> El analito es el componente, sea un elemento, compuesto o ión, que se quiere analizar de la muestra, del que se desea determinar su cantidad o concentración. Recuperado de <http://diccionario.raing.es/es/lema/analito>

Figura 3.3  
Electrodo de OD



Elaboración propia

Figura 3.4  
Electrodo de conductividad



Elaboración propia

Se inició el experimento, vertiendo las tres muestras de agua en vasos de precipitado de 250 mL, luego, para empezar con la medición, se colocaron los electrodos dentro de ellos y se anotaron los resultados que arrojó el equipo multiparamétrico, tal y como se observa en la figura 3.5.

Figura 3.5  
Procedimiento con los electrodos



Elaboración propia

Continuando con el análisis del agua, se utilizó el método colorimétrico para hallar los parámetros referidos a nitratos, nitritos, cloruros y dureza. Este procedimiento radica en el viraje de color que sufren las tiras de ensayo al ser sumergidas durante un segundo en una solución.

Los materiales empleados son tiras de ensayo de las marcas Quantofix, Merck y MQuant como se ve en la figura 3.6 y 3.7

Figura 3.6  
Cajas de tiras de ensayo



Elaboración propia

Figura 3.7

Tubos de tiras de ensayo



Elaboración propia

En este trabajo, las tiras fueron empapadas con el agua del río Chili extraída del distrito de Mariano Melgar y La Joya. Después, movidas durante 1 minuto para, finalmente, relacionar los colores que adquirió con los valores predefinidos impresos en las etiquetas de los frascos. En la tabla 3.9 se visualizan los diferentes colores y, según ello, los significados que pueden tomar por cada parámetro de estudio.

Tabla 3.9  
Tiras de ensayo

Parámetro	Marca	Colores y valores						Unidades
		-10	25	50	100	250	500	
Nitratos y nitritos	Quantofix							mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
		1	5	10	20	40	80	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Nitratos y nitritos	Merck	-	+	++				mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
								mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Dureza	Merck							0
								500
								1000
								1500
								2000
								2300
Cloruros	MQuant							> 90
								> 180
								> 270
								> 360
								> 450

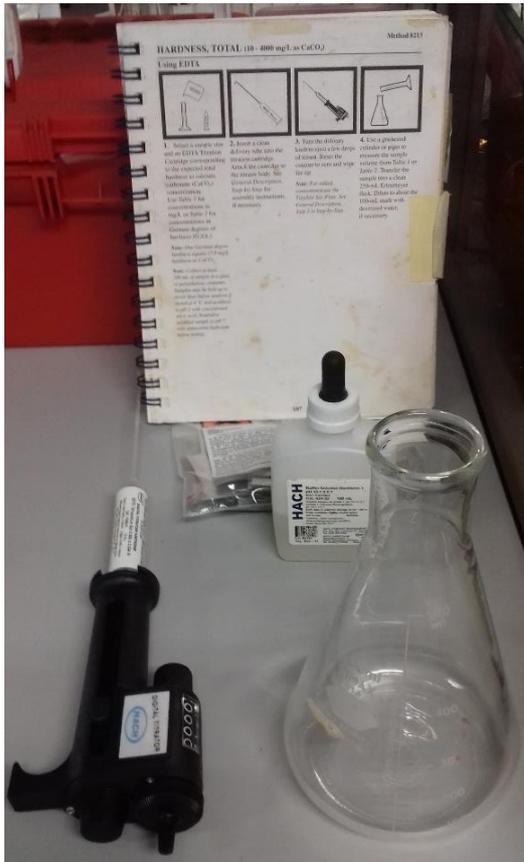
Nota: Colores referenciales

Elaboración propia

Siguiendo con las pruebas, se empleó el equipo: Titulador Digital, que se puede observar en la figura 3.8, para obtener resultados más precisos de la dureza presente en las 3 muestras de agua.

Figura 3.8

Titulador Digital, marca: Hach



Elaboración propia

En la figura 3.8, también se visualiza la bolsa de polvo indicadora de calcio CalVer2, la solución patrón de hidróxido de potasio y un frasco de Erlenmeyer.

Los pasos previos referidos a la preparación del titulador digital, consta en escoger el volumen de la muestra a utilizar y el rango de mg/L de  $\text{CaCO}_3$  que se espera obtener, con el fin de elegir el cartucho de titulación (M EDTA) a emplear según la tabla 3.10. Para conocer el rango de dureza a utilizar se hizo la experiencia anterior con la tira de ensayo del Papel Merck.

Tabla 3.10

Cartucho de titulación

Rango (mg/L como CaCO <sup>3</sup> )	Volumen de la muestra (mL)	Cartucho de titulación (M EDTA)	Factor de multiplicación
10 – 40	100	0,0800	0,1
40 – 160	25	0,0800	0,4
100 – 400	100	0,800	1,0
200 – 800	50	0,800	2,0
500 – 2000	20	0,800	5,0
1000 – 4000	10	0,800	10,0

Fuente: HACH Company (2000)

Luego, se inserta este cartucho a un tubo de alimentación y se ajusta al cuerpo del titulador, se gira la perilla de descarga para expulsar algunas gotas. Finalmente, se limpia la punta y se reinicia el contador para su utilización. (HACH Company, 2000)

Para el análisis se repitió estos pasos para las 3 muestras obtenidas, se colocó 100 mL del agua en un Erlenmeyer, se adicionó 2 mL de 8N de la solución patrón de hidróxido de potasio y se giró el frasco para mezclarlo. También se agregó una bolsa de polvo indicadora de calcio y se mezcló. En este momento, el agua toma un color rojo rosáceo tal y como se contempla en la figura 3.9.

Figura 3.9

Frasco de Erlenmeyer con la muestra de agua

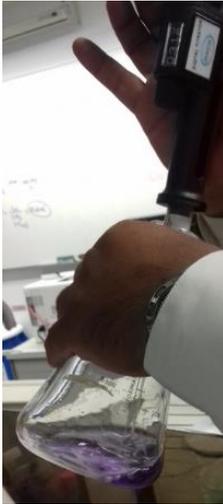


Elaboración propia

Con el equipo, previamente preparado, se empieza a titular hasta que el agua se torne a un color azul, como en la figura 3.10, y se toma los dígitos señalados por el contador.

Figura 3.10

Viraje de color



Elaboración propia

Se toma el factor de multiplicación de la tabla 3.10 en función al volumen y rango escogidos previamente, y se multiplica con el número arrojado por el contador. De esta forma, se obtiene la cantidad de dureza en mg/L de  $\text{CaCO}_3$  presente en el agua de las distintas muestras.

Concluyendo con el análisis, se pasó a medir el grado de turbidez que presentaban las muestras extraídas con el equipo denominado Turbidímetro, tal y como se aprecia en la figura 3.11.

Figura 3.11  
Turbidímetro



Elaboración propia

Al igual que el anterior equipo, este también necesita ser preparado antes de su uso; para ello, se emplean los 4 frascos de muestra que se ven en la figura 3.11. Se calibra el turbidímetro poniéndolos en su medidor y comparando si el resultado que señala es cercano al valor real que se encuentra señalado en sus tapas, en este caso, los valores son: <0,1, 20, 200 y 800.

Se pusieron las muestras de agua en tres distintas cubetas para poder ser medidas con el equipo. Este, a través del uso de su fuente de luz infrarroja que se dispersa en un ángulo de 90° como señala la norma EN ISO 2707 (Lovidon, s.f.) determinó la cantidad Total de Sólidos Disueltos (TDS) o turbidez en mg/L.

Finalmente, con respecto a las variables de Salud y Uso, estas fueron obtenidas por medio de una encuesta, la cual será descrita en el punto 3.7.6. Por otro lado, el parámetro del tiempo del proceso global del lavado fue hallado por los resultados de la encuesta y en función a una prueba experimental, para evitar distintos factores que pudieran alterar el resultado de la pregunta relacionada con esta variable en la encuesta (pregunta n° 6). El experimento se realizó dos veces para mejorar la veracidad del resultado y consistió en el lavado a mano de un pantalón de drill talla 34, el cual se aprecia en la figura 3.12, usado durante 8 horas en el mismo lugar, con el agua del distrito de Mariano Melgar y luego, con el de La Joya. Los insumos utilizados en ambos fueron un jabón y un detergente de la misma marca: Bolívar. Esta prueba se ejecutó con el fin de conocer y contrastar el tiempo de demora al lavar con agua que presenta distinto nivel de dureza, y para comparar con las experiencias de los pobladores.

Figura 3.12

Pantalón drill



Elaboración propia

#### 3.7.4. Técnicas de análisis e interpretación de la información

Luego de la recopilación de datos a través del análisis de las muestras de agua del río Chili captadas en el distrito de La Joya y Mariano Melgar, la encuesta y la prueba experimental, se pasó a bajar y a acondicionar los resultados en las hojas de cálculo del programa Microsoft Office Excel. Se ordenó y organizó la información en tablas y gráficas con el fin de correlacionarla con sus debidas variables e hipótesis y analizarla e interpretarla.

Para determinar la veracidad de las hipótesis planteadas en este trabajo, se hizo uso del programa estadístico Minitab, el cual toma los datos introducidos y desarrolla la distribución escogida para arrojar un resumen con los resultados a interpretar.

Las distribuciones utilizadas en el trabajo y descritas en el punto 3.3 Estrategia para la prueba de hipótesis, serán explicadas a continuación:

En primera fase para cualquier distribución, se plantean dos suposiciones: la hipótesis alternativa (H1) que es lo que se quiere comprobar o afirmar y la

hipótesis nula (H0) que se busca rechazar y es contraria a la hipótesis alternativa.

La distribución T – Student para 1 muestra es utilizada para grupos pequeños, menores de 30 datos ( $n < 30$ ), con ella se comparó las medias de las dimensiones obtenidas en el análisis del agua de La Joya con los valores de los límites máximos permisibles (LMP) y los de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Esta distribución se expresa a través de la fórmula:

$$t = \frac{X - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Donde,

$t$  = valor de T – Student

$X$  = media

$\mu$  = cualquier valor

$S$  = Desviación Estándar

$n$  = Tamaño de la muestra

También se utilizó la T – Student para dos muestras independientes. Esta distribución necesita que las muestras tengan una distribución normal y varianzas iguales. Se busca comparar las medias y observar si presentan una diferencia significativa o es debido al azar. Su fórmula se describe de la siguiente manera:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{SS_1 + SS_2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$SS = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

Donde,

$t$  = valor de T – Student

$\bar{X}$  = media de la muestra

$n$  = tamaño de la muestra

SS = Suma de cuadrados

$X$  = dato

La tercera distribución estadística empleada fue la prueba Chi – cuadrado para asociación, la cual mide las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas de los datos probando la existencia de una posible relación de las variables o no. Su fórmula se define de la siguiente manera:

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

$X^2$  = valor de chi – cuadrado

O = Frecuencia observada

E = Frecuencia esperada

El programa Minitab te arroja una serie de data y gráficas, siendo los de mayor interés, el valor estadístico, es decir, el valor final de la fórmula; y su respectivo p – value. Cualquiera de ellos sirve para contrastar la hipótesis y determinar su aceptación o rechazo. En el caso del valor final, este se compara con el valor teórico sacado de tablas o de Minitab; y en el caso del p – value, este se confronta con el nivel de significancia.

### 3.7.5. Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla 3.11 se muestra las variables a considerar en el trabajo en función a los objetivos específicos y los indicadores que se obtendrán a partir de éstas.

Tabla 3.11

Variables

Objetivo General: Investigar y analizar los posibles efectos del agua dura en la población de la parte media – baja río Chili.				
Objetivos específicos	Variables	Dimensiones	Indicador	Ítems
Analizar cuantitativamente la concentración del agua dura en esta localización.	Dureza	pH	Unidad de pH	Análisis del agua
		Dureza	mg/L	
		Presencia de nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
		Presencia de cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	
		TDS (Total de Sólidos Disueltos)	mg/L	
Comparar el proceso global de lavado de la población de la UH Media Bajo Quilca - Vítor - Chili (La Joya) contra la de población de UH Medio Quilca - Vítor – Chili (Mariano Melgar) del río Chili.	Uso	Tiempo del proceso global de lavado	Tiempo de lavado/prenda	Prueba experimental

Objetivo General: Investigar y analizar los posibles efectos del agua dura en la población de la parte media – baja río Chili.				
Objetivos específicos	Variables	Dimensiones	Indicador	Ítems
Determinar la relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili.	Salud	Litiasis	Nº personas que ha tenido cálculos renales	Encuesta (pregunta nº 7)

Elaboración propia

### 3.7.6. Diseño Estadístico

A fin de responder las hipótesis planteadas y conocer la percepción de las personas sobre el agua que utilizan día a día, se realizó una encuesta dirigida a la población de estudio, el distrito de La Joya.

La primera pregunta, ¿Vive más de 5 años en La Joya?, tuvo el fin de descartar a las personas que no vivían en La Joya y de esta manera, evitar proseguir con la encuesta, es por ello que en la tabla 3.12 se visualiza la totalidad de respuestas hacia una opción.

Tabla 3.12

Pregunta 1

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	270	270	100%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

En la tabla 3.13 referida a la pregunta 2, ¿Cuántas personas hay en tu familia?, se visualiza que se entrevistó a 270 personas que tenían un promedio de 5 miembros por familia. Si bien no es una pregunta que responda las hipótesis planteadas, se podría inferir que de haberse preguntado a los otros miembros se hubiese obtenido respuestas similares.

Tabla 3.13

Pregunta 2

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
6	81	81	30%	30%
4	74	155	27,41%	57,41%
3	47	202	17,41%	74,81%
5	47	249	17,41%	92,22%
7	14	263	5,19%	97,41%
2	7	270	2,59%	100%
1	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Con el fin de conocer la percepción de los pobladores del distrito de La Joya sobre el agua que utilizan, se realizaron las preguntas 3, 4 y 5.

La tabla 3.14 muestra los resultados concernientes a la pregunta 3, ¿Hay presencia de espuma cuando lava?, donde todos los que lavan sí notan la presencia de espuma.

Tabla 3.14

Pregunta 3

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	263	263	97%	97%
No lava / no sabe	7	270	3%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Por otro lado, la tabla 3.15, representa a la pregunta 4: En el último año, ¿ha notado algún cambio de sabor en el agua? En esta interrogante, no se tuvo unanimidad en las respuestas y a una diferencia de 61, los pobladores no han percibido cambio alguno en el agua.

Tabla 3.15

Pregunta 4

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	162	162	60%	60%
Sí	101	263	37%	97%
No lava / no sabe	7	270	3%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Por último, la pregunta 5, Después de hervir el agua, ¿ha encontrado sarro (costras blancas pegadas) en el interior de su tetera u otros?, correspondiente a la presencia de sarro se aprecia en la tabla 3.16. Se puede observar la unanimidad de afirmación entre los pobladores.

Tabla 3.16

Pregunta 5

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	270	270	100%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Con el propósito de analizar la variable “Uso”, dimensión “Tiempo del proceso de lavado” y tener un referente para la prueba experimental realizada se hizo la pregunta 6, ¿Cuánto se demora lavando a mano la ropa (3 a 5 prendas)? Ésta está relacionada al tiempo empleado para lavar prendas a mano y al ser una pregunta abierta, las respuestas han sido procesadas en intervalos como se observa en la tabla 3.17.

Tabla 3.17

Pregunta 6

Respuestas Xi (en minutos)	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
[60 - 90>	88	88	33%	33%
[30 - 60>	60	148	22%	55%
[90 -120>	54	202	20%	75%
[120 -150>	33	235	12%	87%
Nada	21	256	8%	95%
[0 - 30>	14	270	5%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Finalmente, la siguiente pregunta hace referencia a la variable “Salud”, y busca responder la tercera hipótesis específica. Esta interrogante, también fue contestada por 270 personas pertenecientes al distrito de Mariano Melgar, con el fin de contrastar sus respuestas en una prueba estadística explicada en el punto 3.3 Estrategia de la prueba de hipótesis.

La tabla 3.18 está referida a las respuestas de los habitantes de La Joya de la pregunta 7, ¿Ha sufrido cálculos renales?

Tabla 3.18

Pregunta 7 – La Joya

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	243	243	90%	90%
Sí	27	270	10%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Mientras que en la tabla 3.19 muestra las de los pobladores de Mariano Melgar.

Tabla 3.19

Pregunta 7 – Mariano Melgar

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	258	258	96%	96%
Sí	12	270	4%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Ambos tienen mayor cantidad de respuestas negativas, sin embargo, La Joya presenta más casos de litiasis.

## **CAPÍTULO IV:**

### **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Contrastación de Hipótesis**

En esta sección, se mostrarán los resultados y conclusiones obtenidos de las diversas pruebas estadísticas descritas en el punto 3.3. Estrategia de la prueba de hipótesis.

Para la primera hipótesis relacionada con la variable dureza, se realizó la prueba T-Student para cada una de sus dimensiones, las cuales se compararon con los límites máximos permisibles (LMP) del agua destinada para consumo humano que solo requiere una simple desinfección (A1), tal y como se ve en la tabla 4.1.

Por otro lado, en la tabla 4.2, se observa la dimensión dureza que también se contrastó con los límites emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Tabla 4.1

Datos de la variable Dureza

Variable: Dureza				
Dimensión	Unidad	A1	La Joya	
			Estiaje	Avenida
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	7,91	8,05
Presencia de nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	25	0
Presencia de cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	0	0
TDS	mg/L	1 000	622,5	656
Dureza	mg/L	500	378	386

Elaboración propia

Tabla 4.2

Dimensión Dureza

Variable: Dureza					
Dimensión	Unidad	OMS		La Joya	
		Sentido gustativo	Agua muy dura (Clasificación por CaCO <sub>3</sub> )	Estiaje	Avenida
Dureza	mg/L	500	> 180	378	386

Elaboración propia

La primera prueba fue realizada para la dimensión pH, en la cual se buscaba conocer si los datos obtenidos del análisis para el distrito de La Joya estaban fuera del rango deseable de 6,5 - 8,5. Primero, se planteó las siguientes hipótesis para el mínimo valor que podía tomar:

H<sub>0</sub>: El pH en el distrito de La Joya es igual que el nivel mínimo del límite máximo permisible A1 para pH: 6,5. (H<sub>0</sub>:  $\mu = 6,5$ )

H<sub>1</sub>: El pH en el distrito de La Joya es menor que el nivel mínimo del límite máximo permisible A1 para pH: 6,5. (H<sub>1</sub>:  $\mu < 6,5$ )

Luego, en la tabla 4.3 se aprecia los datos y resultados para esta prueba, siendo el valor T obtenido de 21,143 que equivale a una p-value de 0,015, y el valor de T crítico o teórico es de - 3,078 que corresponde a un alfa ( $\alpha$ ) de 10%.

Tabla 4.3

Prueba para el nivel inferior de pH

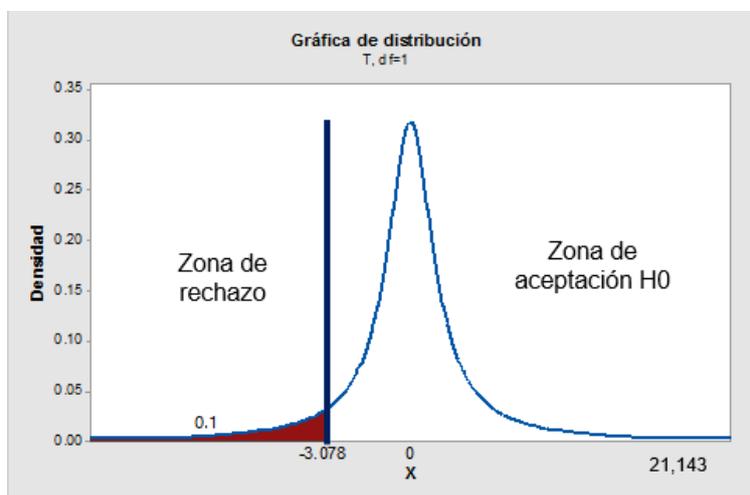
Resumen de la prueba	
N	2
Grados de libertad (G.L.)	1
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Media	7,98
Desviación Estándar	0,0989
Error estándar de la media (EE)	0,07
Valor T obtenido	21,143
P - value	0,015
Valor T teórico	- 3,078

Elaboración propia

En la figura 4.1, se muestra los datos debidamente colocados en las zonas de rechazo y aceptación. Se aprecia que el valor de T obtenido cae en la zona de aceptación de  $H_0$ , por tanto, se afirma la  $H_0$ , el valor de pH no se encuentra por debajo de su valor mínimo de los LMP.

Figura 4.1

Prueba para el nivel inferior de pH



Elaboración propia

Lo mismo se hizo para su límite superior como se ve en la tabla 4.4 y la figura 4.2. En este caso, las hipótesis planteadas fueron:

$H_0$ : El pH en el distrito de La Joya es igual que el nivel superior del límite máximo permisible A1 para pH: 8,5. ( $H_0: \mu = 8,5$ )

H1: El pH en el distrito de La Joya es mayor que el nivel superior del límite máximo permisible A1 para pH: 8,5. (H1:  $\mu > 8,5$ )

Tabla 4.4

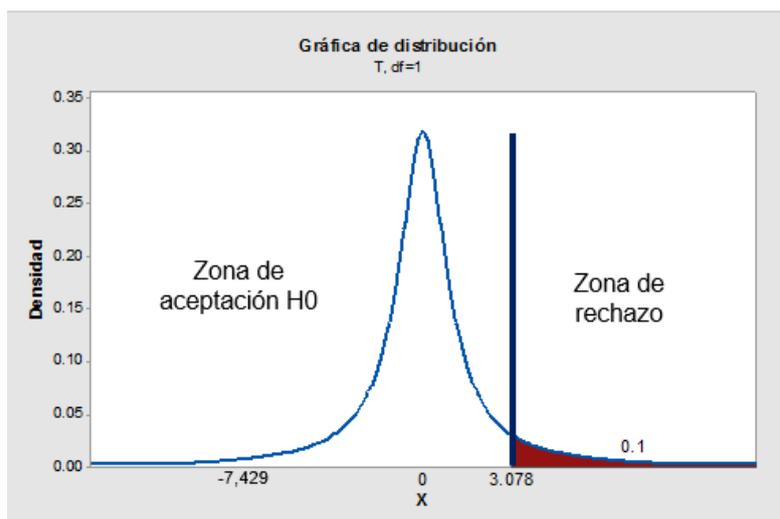
Prueba para el nivel superior de pH

Resumen de la prueba	
N	2
Grados de libertad (G.L.)	1
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Media	7,98
Desviación Estándar	0,0989
Error estándar de la media (EE)	0,07
Valor T obtenido	-7,429
P - value	0,957
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.2

Prueba para el nivel superior de pH



Elaboración propia

También en esta situación, el valor T obtenido de -7,429 cae en la zona de aceptación, por tanto, se rechaza la H1, es decir, el pH no sobrepasa el nivel superior del límite máximo permisible de pH.

En conclusión, el pH del distrito de la Joya se encuentra dentro del rango.

Siguiendo con la dimensión de la presencia de nitratos, se formuló el siguiente planteamiento:

H0: La presencia de nitratos en el distrito de La Joya es igual que el límite máximo permisible A1 para nitratos: 50. ( $H_0: \mu = 50$ )

H1: La presencia de nitratos en el distrito de La Joya es mayor que el límite máximo permisible A1 para nitratos: 50. ( $H_1: \mu > 50$ )

Siendo sus datos y resultados presentados en la tabla 4.5 y la figura 4.3.

Tabla 4.5

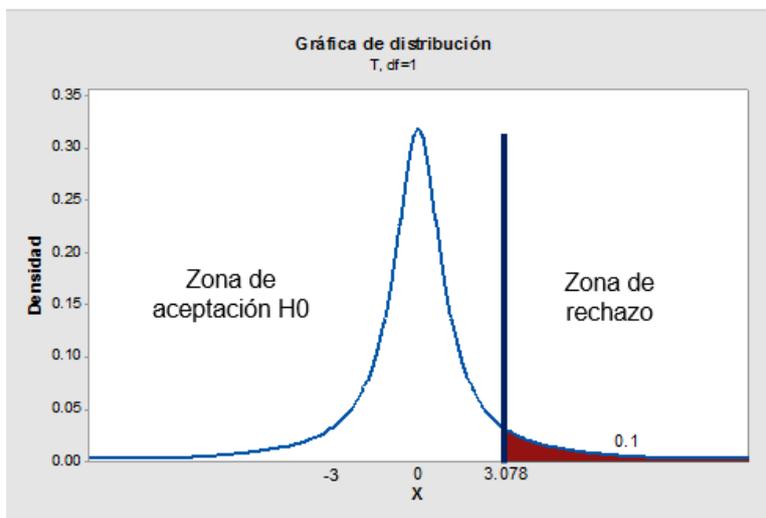
Prueba para la presencia de nitratos

Resumen de la prueba	
N	2
Grados de libertad (G.L.)	1
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Media	12,5
Desviación Estándar	17,6777
Error estándar de la media (EE)	12,5
Valor T obtenido	-3
P - value	0,898
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.3

Prueba para la presencia de nitratos



Elaboración propia

Como se puede observar en la figura 4.3, el valor T obtenido cae fuera de la zona de rechazo, lo que significa que se acepta la H0 que dictamina que los nitratos

presentes en el distrito de La Joya permanecen dentro del límite máximo permisible.

En el caso, de la dimensión presencia de cloruros, se hizo uso de las siguientes hipótesis:

H0: La presencia de cloruros en el distrito de La Joya es igual que el límite máximo permisible A1 para cloruros: 250. (H0:  $\mu = 250$ )

H1: La presencia de cloruros en el distrito de La Joya es mayor que el límite máximo permisible A1 para cloruros: 250. (H1:  $\mu > 250$ )

Al no hallarse alguna muestra de ella en las dos tomas de agua, se sobreentiende que la hipótesis nula es aceptada, es decir, que el agua de La Joya se mantiene por debajo del límite máximo permisible de cloruros para el consumo humano.

Prosiguiendo con la dimensión Total de Sólidos Disueltos (TDS) se propusieron las siguientes hipótesis:

H0: El Total de Sólidos Disueltos (TDS) del distrito de La Joya es igual que el límite máximo permisible A1 para TDS: 1000. (H0:  $\mu = 1000$ )

H1: El Total de Sólidos Disueltos (TDS) del distrito de La Joya es mayor que el límite máximo permisible A1 para TDS: 1000. (H1:  $\mu > 1000$ )

Tal y como se aprecian los resultados en la tabla 4.6 y figura 4.4, el valor obtenido cae dentro de la zona de aceptación, por lo cual se puede afirmar a un nivel de significancia del 10% que el Total de Sólidos Disueltos (TDS) del distrito de La Joya se encuentra por debajo del límite máximo permisible.

Tabla 4.6

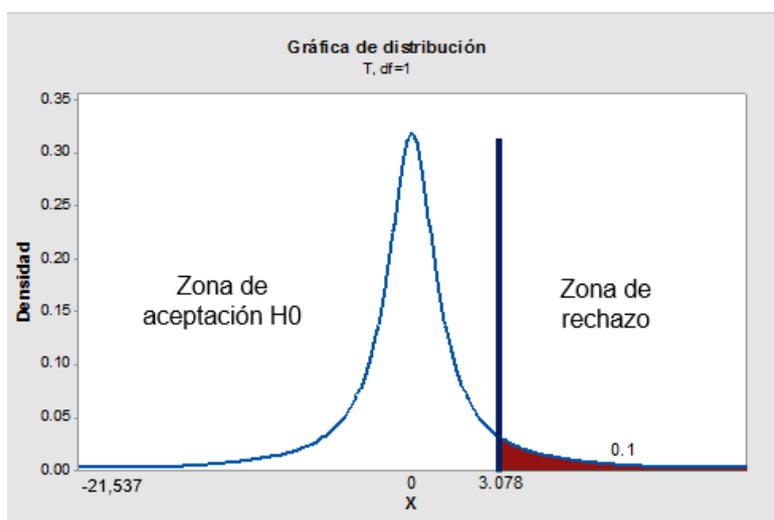
Prueba para la presencia de TDS

Resumen de la prueba	
N	2
Grados de libertad (G.L.)	1
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Media	639,25
Desviación Estándar	23,688
Error estándar de la media (EE)	16,8
Valor T obtenido	-21,537
P - value	0,985
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.4

Prueba para la presencia de TDS



Elaboración propia

Finalmente, los datos de la dimensión Dureza fueron comparados con tres valores establecidos que se aprecian en la tabla 4.1 y 4.2.

Continuando con los límites máximos permisibles emitidos por el Ministerio del Ambiente, se plantean estas hipótesis:

H0: La dureza en el distrito de La Joya es igual que el límite máximo permisible A1 para dureza: 500. (H0:  $\mu = 500$ )

H1: La dureza en el distrito de La Joya es mayor que el límite máximo permisible A1 para dureza: 500. (H1:  $\mu > 500$ )

Al igual que las anteriores, en la tabla 4.7 y figura 4.5 se expresan los resultados hallados y se concluye que la H0 es verdadera a un nivel de significancia del 10%, es decir, la dureza presente en La Joya no supera el límite.

Tabla 4.7

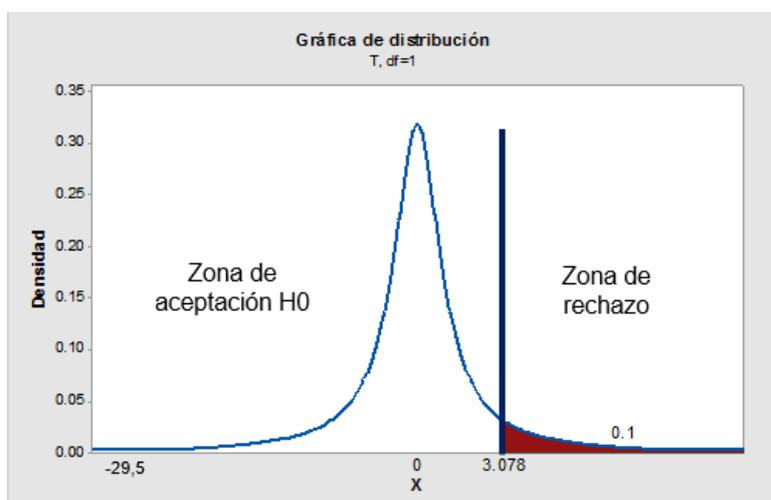
Prueba para la dureza con LMP

Resumen de la prueba	
N	2
Grados de libertad (G.L.)	1
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Media	382
Desviación Estándar	5,657
Error estándar de la media (EE)	4
Valor T obtenido	-29,5
P - value	0,989
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.5

Prueba para la dureza con LMP



Elaboración propia

Para el valor dictaminado para el sentido del gusto por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se desarrolló lo siguiente:

H0: La dureza en el distrito de La Joya es igual que el límite para el sentido gustativo: 300. (H0:  $\mu = 300$ )

H1: La dureza en el distrito de La Joya es mayor que el límite para el sentido gustativo: 300. (H1:  $\mu > 300$ )

Los valores encontrados se expresan en la tabla 4.8 y la figura 4.6. Al ser la misma dimensión y, por ende, los mismos datos, la media y la desviación son iguales; por ello, solo se apreciarán los valores de T y p-value.

Tabla 4.8

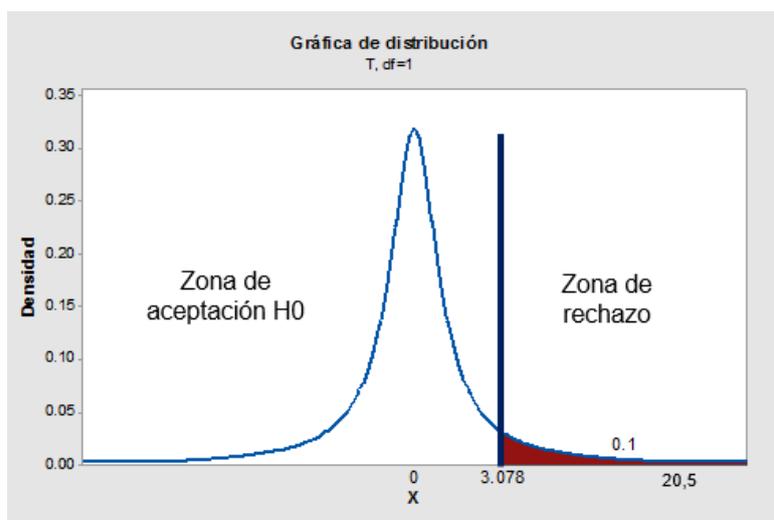
Prueba para la dureza con el sentido del gusto

Resumen de la prueba	
Valor T obtenido	20,5
P - value	0,016
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.6

Prueba para la dureza con el sentido del gusto



Elaboración propia

El valor T obtenido cae en la zona de rechazo, por consiguiente, se puede afirmar con un nivel de significancia del 10% que la dureza en La Joya es mayor que 300 mg/L, es decir, se acepta la H1.

En función a la clasificación de la dureza por  $\text{CaCO}_3$ , se tomará el último valor  $> 180$  mg/L que designa al agua como muy dura, es así como se plantean las siguientes suposiciones:

H0: La dureza en el distrito de La Joya se clasifica como agua dura: 180.

(H0:  $\mu = 180$ )

H1: La dureza en el distrito de La Joya se clasifica como agua muy dura:  $>180$ .

(H1:  $\mu > 180$ )

En la tabla 4.9 y figura 4.7 se visualizan los resultados de la prueba.

Tabla 4.9

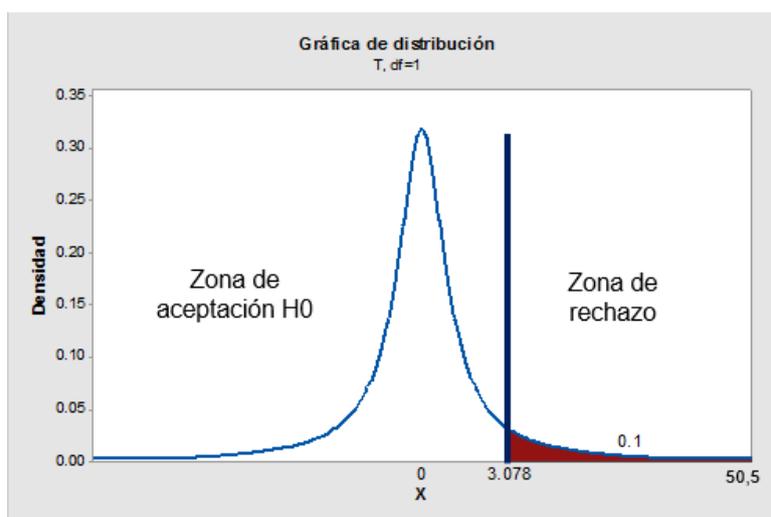
Prueba de dureza para conocer su clasificación

Resumen de la prueba	
Valor T obtenido	50,5
P - value	0,006
Valor T teórico	3,078

Elaboración propia

Figura 4.7

Prueba de dureza para conocer su clasificación



Elaboración propia

Luego del análisis de las diversas pruebas, se concluye que la primera hipótesis específica no es verdadera, ya que ni una de las dimensiones sobrepasa los límites máximos permisibles A1 para el consumo humano con simple desinfección. Sin embargo, sí se puede afirmar que el agua en el distrito de La Joya sí presenta dureza ya que se clasifica como agua muy dura por exceder los 180 mg/L e incluso llega a niveles mayores de 300 mg/L, pudiendo tener un cambio en el sabor perceptible por los pobladores.

A continuación, se analizó la veracidad de la segunda hipótesis específica referida al tiempo global de lavado. Para ello, antes de realizar la prueba T-Student para dos muestras independientes, se verificó si se cumplía con los requisitos.

Para el requisito de normalidad, se ejecutó la prueba de Shapiro Wilk, la cual es aplicada para muestras pequeñas. Primero, se evaluó los datos del distrito de La Joya a través de estas hipótesis:

H0: El tiempo de lavado del distrito de La Joya tiene una distribución normal.

H1: El tiempo de lavado del distrito de La Joya no tiene una distribución normal.

A través de la fórmula, se halló el valor de W obtenido y se comparó con el teórico obtenido de las tablas para esta distribución. Para aceptar la hipótesis nula se debe seguir la siguiente condición:

$$W \text{ obtenido} \geq W \text{ teórico} \rightarrow \text{Acepta el H0}$$

Se muestra lo conseguido en la tabla 4.10.

Tabla 4.10

Prueba de Shapiro Wilk – La Joya

Resumen de la prueba	
Valor W obtenido	0,994
Valor W teórico	0,792

Elaboración propia

El valor W obtenido es mayor al teórico, por ello, a un nivel de significancia del 10%, se acepta la H0, es decir, la variable lavado del distrito de La Joya sigue una distribución normal.

Del mismo modo, se desarrolló la prueba estadística para el distrito de Mariano Melgar:

H0: El tiempo de lavado del distrito de Mariano Melgar tiene una distribución normal.

H1: El tiempo de lavado del distrito de Mariano Melgar no tiene una distribución normal.

Y se halló sus valores W como se visualiza en la tabla 4.11.

Tabla 4.11

Prueba de Shapiro Wilk – Mariano Melgar

Resumen de la prueba	
Valor W obtenido	0,913
Valor W teórico	0,792

Elaboración propia

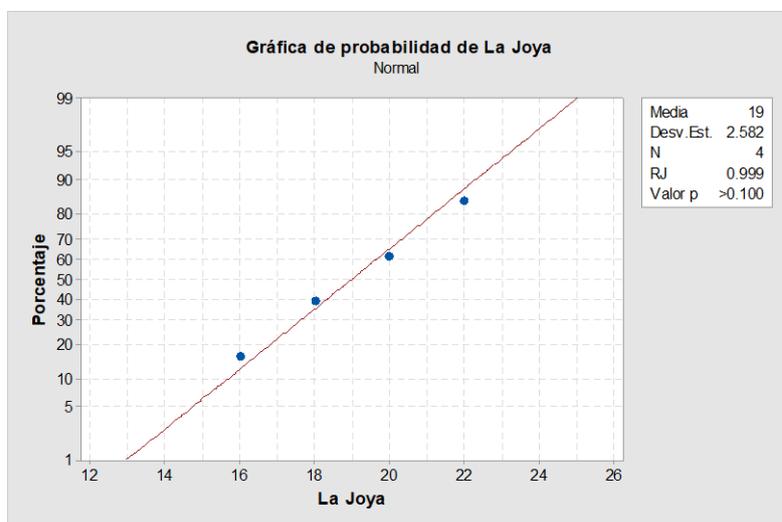
Al igual que en el distrito de La Joya, se acepta la H0 y se determina que el lavado en el distrito de Mariano Melgar sigue una distribución normal.

El programa Minitab, no cuenta con la estadística anterior, mas presenta una similar conocida como Ryan Joiner, en la cual para aceptar que una muestra tiene distribución normal, el p-value debe ser mayor a 0,5.

La figura 4.8 tiene la gráfica de la distribución para el lavado del distrito de La Joya, y los valores hallados.

Figura 4.8

Prueba de Ryan Joiner – La Joya



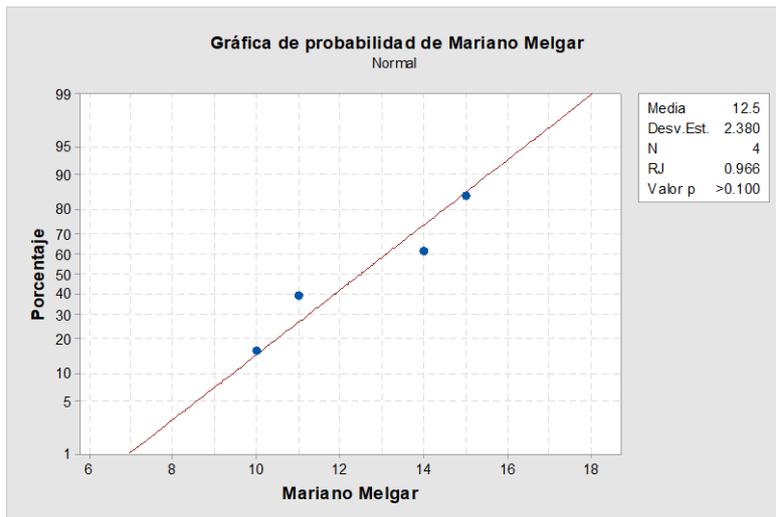
Elaboración propia

Se puede observar que los valores no se alejan mucho de la distribución de normalidad, es decir, que no se presentan datos poco comunes en la muestra. Por otro lado, el valor de p es  $> 0,100$ , lo cual significa que es mayor a 0,5 y que se acepta la H0 sobre la distribución normal.

Lo mismo que en la figura 4.8, se adjunta la figura 4.9 donde se muestra la distribución del lavado del distrito de Mariano Melgar. Este no presenta anomalías y su p-value es  $> 0,100$ , por ende; también presenta una distribución normal.

Figura 4.9

#### Prueba de Ryan Joiner – Mariano Melgar



Elaboración propia

Ambas muestras cumplen con el primer requisito de normalidad, ahora se definirá si estas presentan varianzas iguales.

Para conocer si las muestras cumplen con el segundo requisito, el programa Minitab utiliza tres pruebas estadísticas: Levene y Bonett, para distribuciones continuas y F de Snedecor para datos normales. Estas responden a las mismas hipótesis:

H0: Los tiempos de lavado del distrito de La Joya y Mariano Melgar tienen varianzas iguales.

H1: Los tiempos de lavado del distrito de La Joya y Mariano Melgar tienen varianzas diferentes.

En la tabla 4.12 y figura 4.10 y 4.11 se observa los resultados arrojados y su debida interpretación.

Tabla 4.12

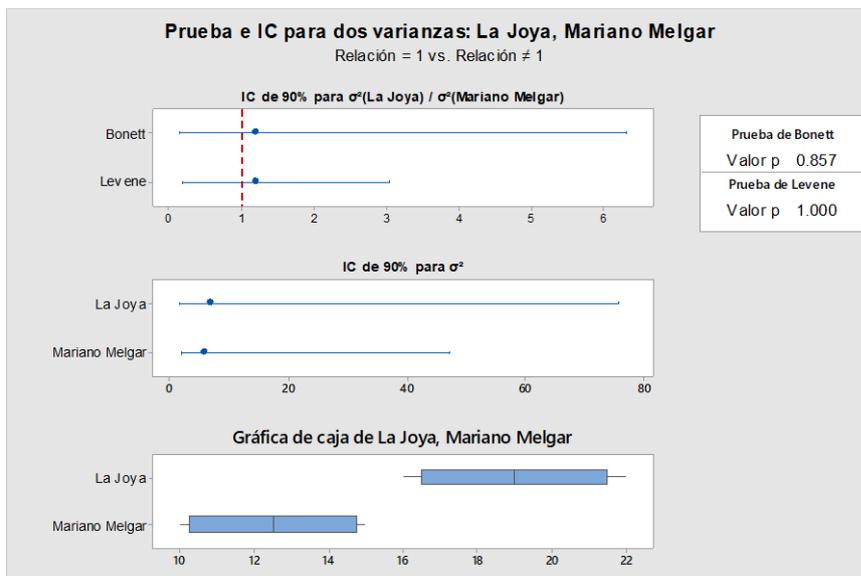
Prueba para varianzas

Prueba	Valor p obtenido (p-value)	Nivel de significancia ( $\alpha$ )	Condición	Conclusión
Levene	1,0	10%	P – value < $\alpha$ → Se rechaza H0 P – value > $\alpha$ → Se acepta H0	1 > 0,1 → Se acepta H0.
Bonett	0,857			0,857 > 0,1 → Se acepta H0.
F de Snedecor	0,897			0,897 > 0,1 → Se acepta H0.

Elaboración propia

Figura 4.10

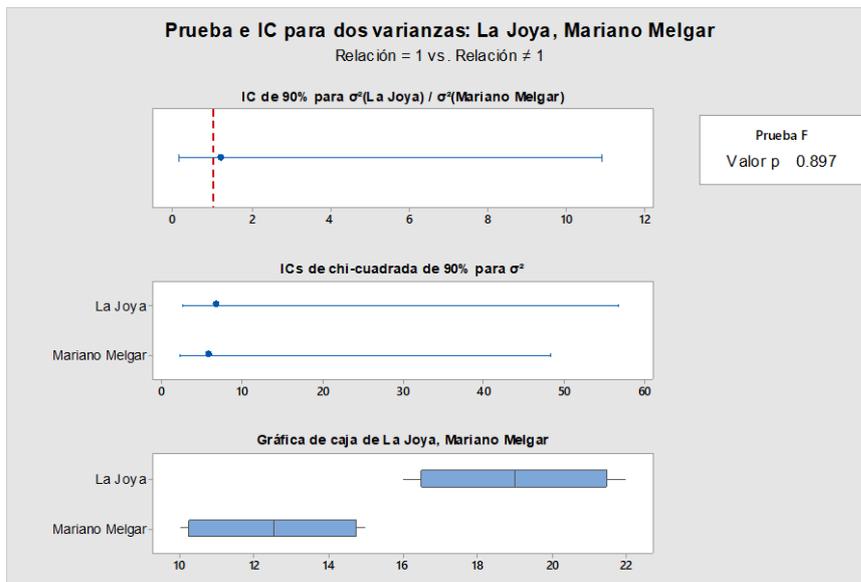
Prueba de Levene y Bonett



Elaboración propia

Figura 4.11

Prueba F de Snedecor



Elaboración propia

Una vez comprobada la normalidad y la homocedasticidad, es decir, varianzas iguales, se pasó a realizar la prueba T – Student para dos muestras independientes bajo estas suposiciones:

H0: No hay una diferencia significativa de las medias del tiempo del proceso global de lavado de La Joya y Mariano Melgar. ( $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ )

H1: La media del tiempo del proceso global de lavado en el distrito de La Joya presenta es mayor que la de Mariano Melgar. ( $H_1: \mu_1 - \mu_2 > 0$ )

Se obtuvo los datos mostrados en la tabla 4.13 y la figura 4.12, donde se observa que el valor de T obtenido es mayor al teórico ( $T \text{ obtenido} > T \text{ teórico}$ ) y el p-value es menor al nivel de significancia ( $P\text{-value} < \alpha$ ), la H0 se rechaza.

Tabla 4.13

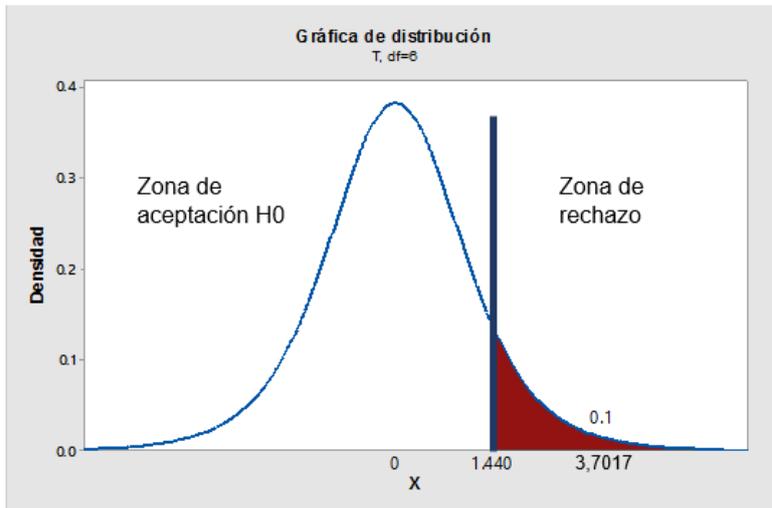
Prueba para la segunda hipótesis específica

Resumen de la prueba	
Valor T teórico	1,44
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Valor T obtenido	3,7
P - value	0,005

Elaboración propia

Figura 4.12

Prueba para el lavado

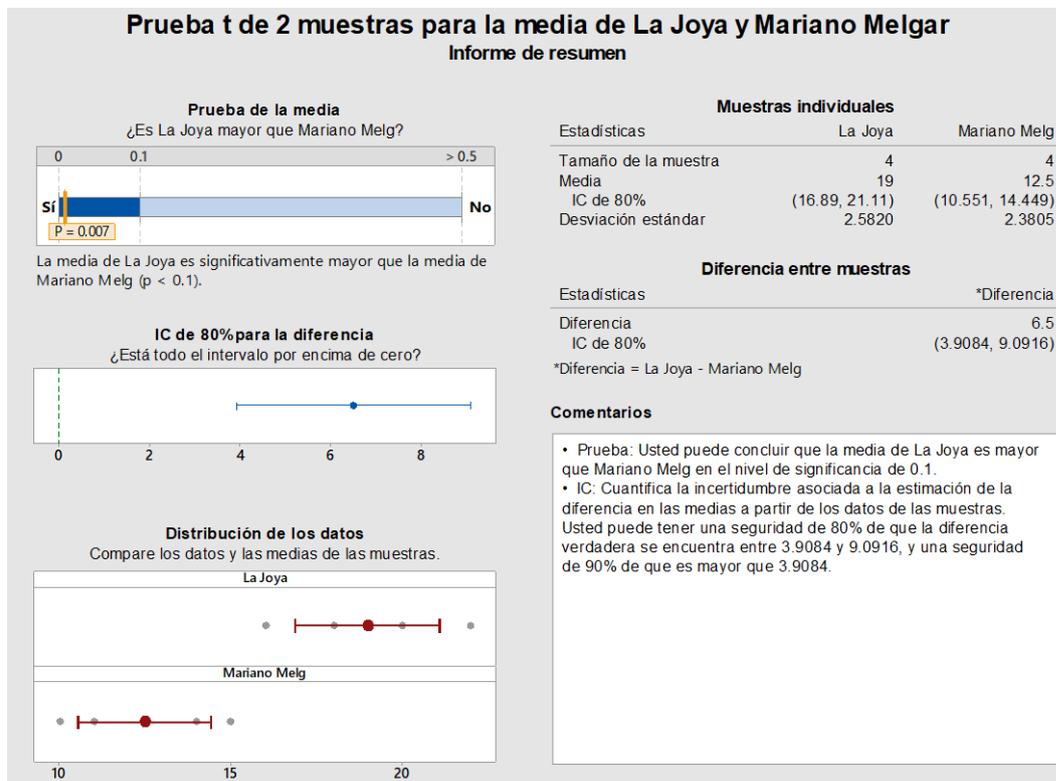


Elaboración propia

A través del asistente del Minitab, se obtuvo las figuras 4.13 y 4.14, donde muestran los resultados e interpretaciones, así como, el informe de verificación de los requisitos de la prueba.

Figura 4.13

Resumen de prueba T para 2 muestras independientes



Elaboración propia

Figura 4.14

Tarjeta de informe T – Student

Prueba t de 2 muestras para la media de La Joya y Mariano Melgar		
Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Datos poco comunes		No hay puntos de datos poco comunes. Los datos poco comunes pueden tener una fuerte influencia sobre los resultados.
Normalidad		Debido a que los tamaños de las muestras son menores que 15, la normalidad puede ser un problema. Si los datos no están distribuidos normalmente, el valor p puede ser inexacto con muestras pequeñas. Dado que la normalidad no se puede verificar de forma confiable con muestras pequeñas, usted debería interpretar los resultados de la prueba con precaución.
Tamaño de la muestra		La muestra es suficiente para detectar una diferencia entre las medias.
Varianza igual		El Asistente de Minitab utiliza el método de Welch, que no presupone ni requiere que las dos muestras tengan varianzas iguales. Según estudios, la prueba se desarrolla adecuadamente con varianzas desiguales, incluso cuando los tamaños de las muestras no son iguales.

Elaboración propia

En conclusión, se puede aseverar a un nivel de significancia del 10%, el rechazo de la hipótesis nula. Es decir, los tiempos del proceso del lavado son distintos para ambos distritos, siendo mayor en La Joya. Además, se puede inferir que el nivel de dureza del agua tiene relación con el tiempo del proceso global de lavado y, a una mayor concentración, mayor será el tiempo empleado para la actividad doméstica conocida como “lavar la ropa”. En síntesis, la segunda hipótesis específica es verdadera.

Para comprobar la tercera hipótesis se desarrolló las siguientes suposiciones:

H0: No existe relación entre el agua dura y la enfermedad de la litiasis.

H1: Existe relación entre el agua dura y la enfermedad de la litiasis.

A partir de los resultados obtenidos tras efectuar la prueba Chi cuadrado para asociación, se determinó que el valor obtenido fue mayor que el valor crítico o teórico superior y que el p – value es menor al nivel de significancia ( $\alpha$ ) como se visualiza en la tabla 4.14 y la figura 4.15.

Tabla 4.14

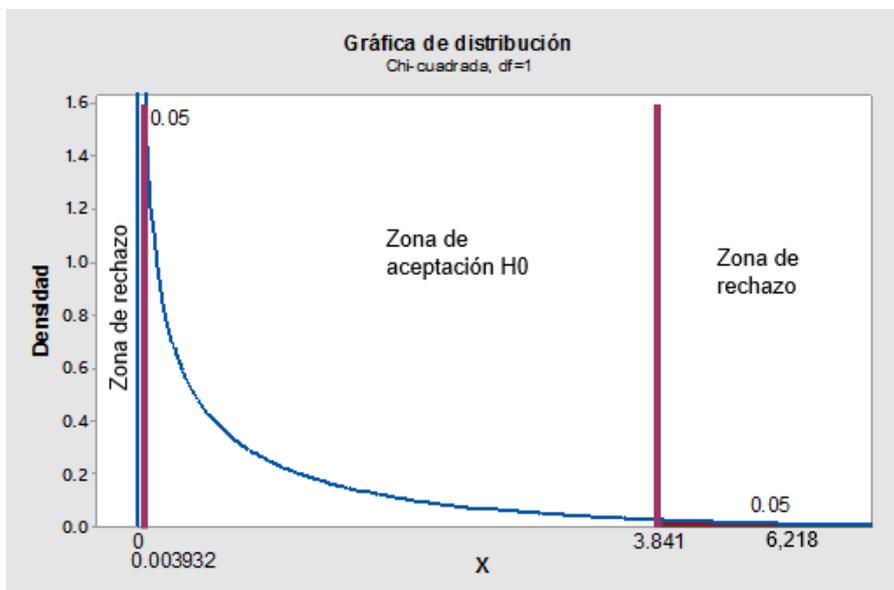
Prueba para la tercera hipótesis específica

Resumen de la prueba	
Valor teórico inferior	0,003932
Valor teórico superior	3,841
Nivel de significancia ( $\alpha$ )	10%
Valor T obtenido	6,218
P - value	0,013

Elaboración propia

Figura 4.15

Prueba chi – cuadrado

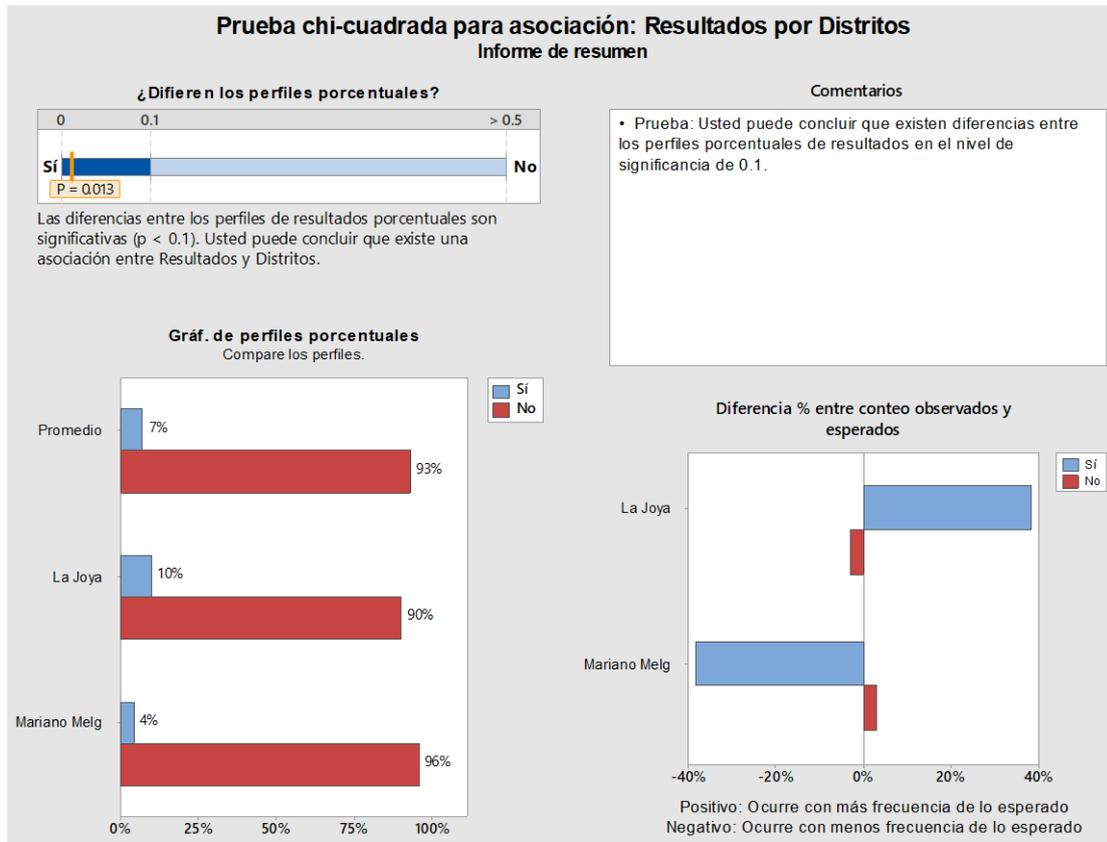


Elaboración propia

En la figura 4.16, se muestra el resumen obtenido en el asistente de Minitab así como en la figura 4.17, la tarjeta informe con la validez de la prueba.

Figura 4.16

Resumen de la tercera hipótesis



Elaboración propia

Figura 4.17

Tarjeta de informe – Chi cuadrado

**Prueba chi-cuadrada para asociación: Resultados por Distritos**  
Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Validez de la prueba		Todas las muestras son lo suficientemente grandes para obtener suficientes conteos esperados. El valor p de la prueba debería ser exacto.

Elaboración propia

Se rechaza la hipótesis nula y, a un nivel del 10% de significancia, se afirma que la cantidad de dureza representada en los distritos de La Joya y Mariano Melgar tiene relación con la enfermedad de la Litiasis. Por tanto, la tercera hipótesis específica es verdadera.

## 4.2. Análisis e Interpretación

A continuación, se presentarán los resultados del análisis respectivo a las muestras tomadas del agua del río Chili, donde se incluyen las dimensiones de la variable Dureza. También se mostrarán para el análisis, los valores dictaminados por el ECA para el agua destinada al consumo humano, categoría A1, A2 y A3. Todos estos parámetros serán presentados y comentados individualmente.

Los siguientes resultados corresponden a las diversas dimensiones de la variable Dureza.

Tabla 4.15

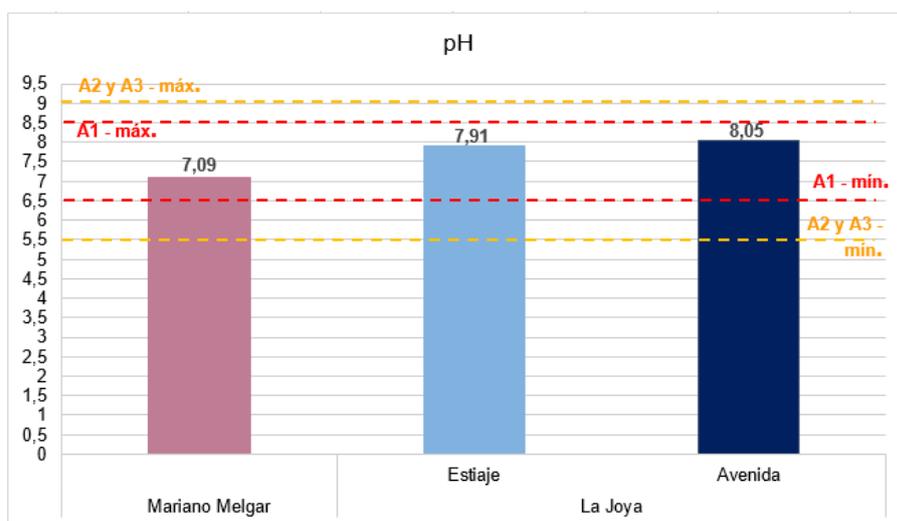
Dimensión pH

pH				
Parámetro	Mínimo	Máximo	Muestras	
			Origen	Valor
A1	6,5	8,5	Mariano Melgar	
A2	5,5	9	La Joya	Estiaje
A3	5,5	9		Avenida

Elaboración propia

Figura 4.18

Dimensión pH



Elaboración Propia

En la tabla 4.15 y la figura 4.18 se aprecia que, tanto en época de estiaje como avenida, el pH de La Joya tiene muy poca variación y permanece dentro de los intervalos de las categorías A1, A2 y A3. Por otro lado, se contempla que el agua en ambos distritos es un poco básica, más en La Joya en época de avenida, por lo que se puede inferir que no presenta metales disueltos en su composición.

Tabla 4.16

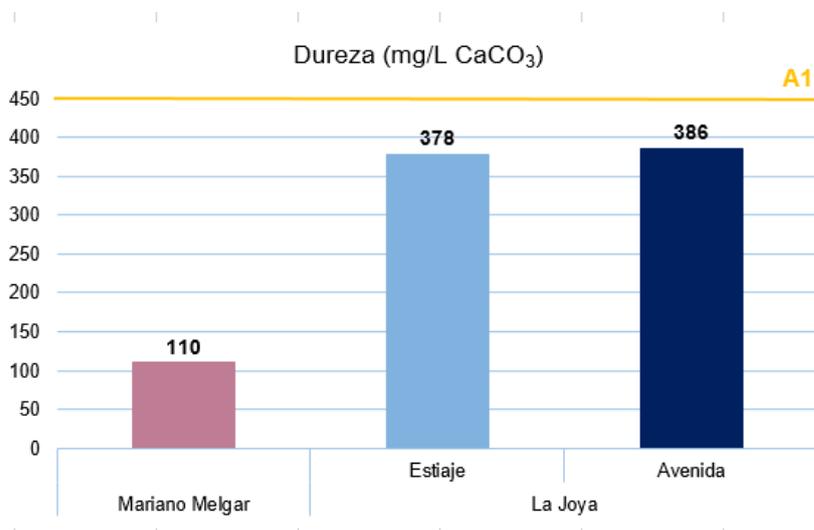
Dimensión Dureza

Dureza (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1	500	Mariano Melgar		110
		La Joya	Estiaje	378
			Avenida	386

Elaboración propia

Figura 4.19

Dimensión Dureza



Nota: A2 y A3 no presentan un valor para este parámetro.

Elaboración propia

Se puede visualizar en la tabla 4.16 y la figura 4.19 que ninguna muestra sobrepasa el límite máximo, no obstante, mientras que el distrito de Mariano Melgar conserva un nivel bajo de dureza, La Joya está muy cerca de sobrepasar

el límite. También se observa que la dureza es mayor en época de avenida cuando el nivel del caudal aumenta.

Tabla 4.17

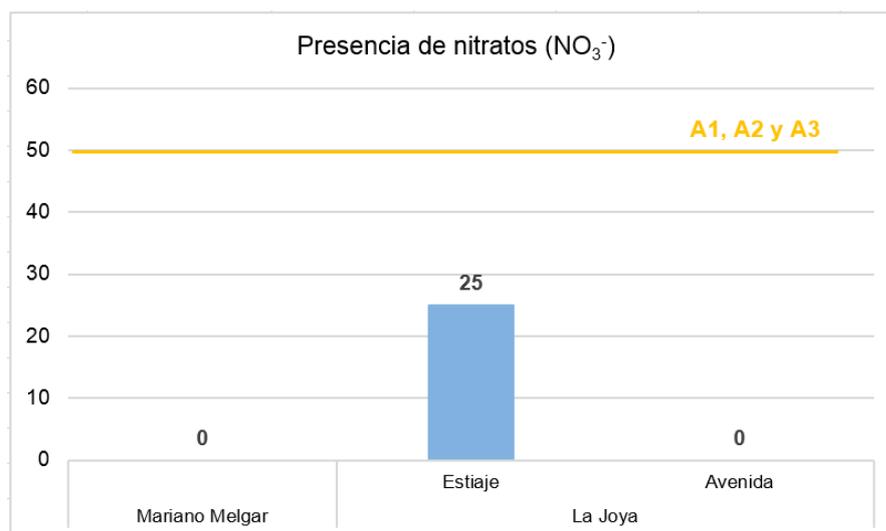
Dimensión Nitratos

Presencia de nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1, A2 y A3	50	Mariano Melgar		0
		La Joya	Estiaje	25
			Avenida	0

Elaboración propia

Figura 4.20

Dimensión Nitratos



Elaboración propia

En la tabla 4.17 y la figura 4.20 se muestra que, aunque haya habido presencia de nitratos en época de estiaje, este no superaba el valor máximo, que es igual para las categorías; además, que parece haberse resuelto para la época de avenida.

Tabla 4.18

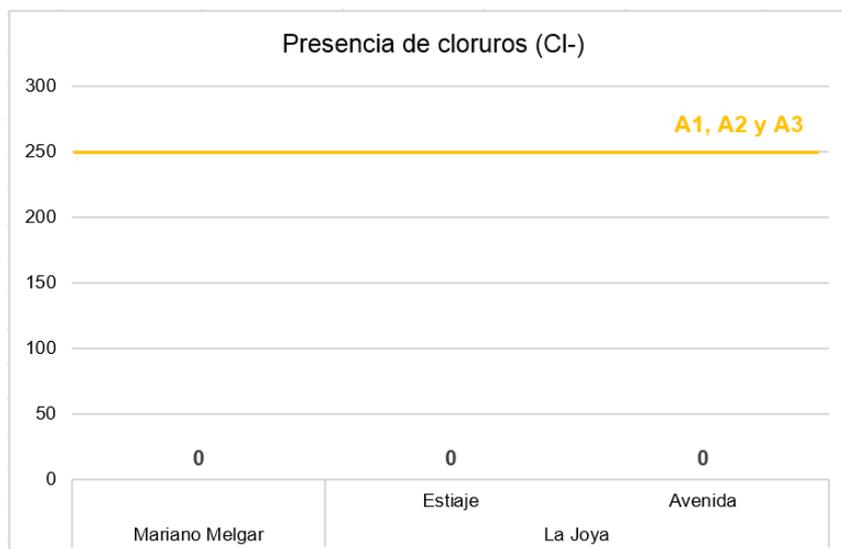
Dimensión Cloruros

Presencia de cloruros (Cl <sup>-</sup> ) (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1, A2 y A3	250	Mariano Melgar		0
		La Joya	Estiaje	0
			Avenida	0

Elaboración propia

Figura 4.21

Dimensión Cloruros



Elaboración propia

Ninguna de las muestras presentó presencia de cloruros tal y como se ve en la tabla 4.18 y la figura 4.21. Por tanto, no hay presencia de algún sabor salado en ninguno de los distritos.

Tabla 4.19

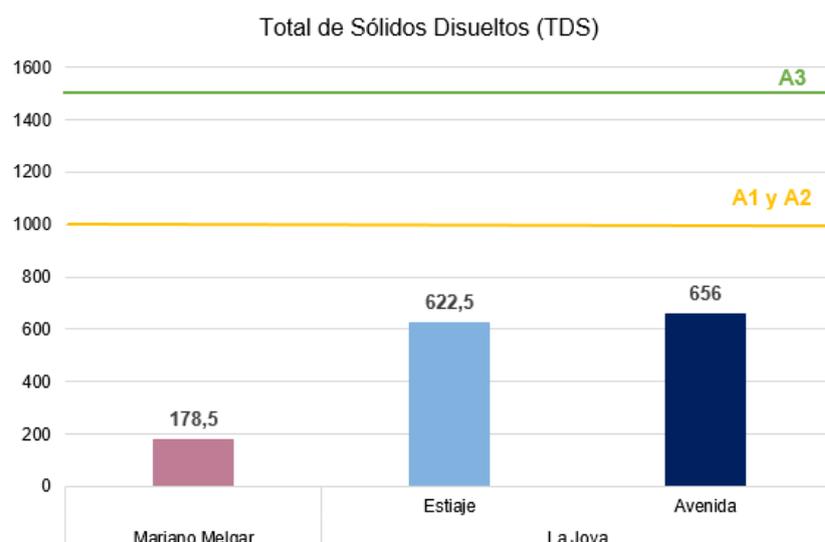
Dimensión TDS

Total de Sólidos Disueltos (TDS) (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1 y A2	1 000	Mariano Melgar		178,5
A3	1 500	La Joya	Estiaje	622,5
			Avenida	656

Elaboración propia

Figura 4.22

Dimensión TDS



Elaboración propia

En la tabla 4.19 y la figura 4.22 se observa que ninguna muestra sobrepasa el valor máximo aceptado para A1 y A2, pero también, se aprecia una amplia diferencia entre Mariano Melgar y La Joya. A pesar de haber una pequeña variación entre las épocas de estiaje y avenida, siendo esta última la que mayor número de sólidos disueltos presenta; La Joya posee una alta cantidad de TDS, lo que podría provocar un agua sin sabor y de apariencia turbia (Sigler, W. y Bauder, J., 2015), así como una indicación de agua dura, pues hay sales disueltas en el agua y los componentes químicos más comunes considerados

como TDS son el calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruros (Panachlor, s.f.).

Tabla 4.20

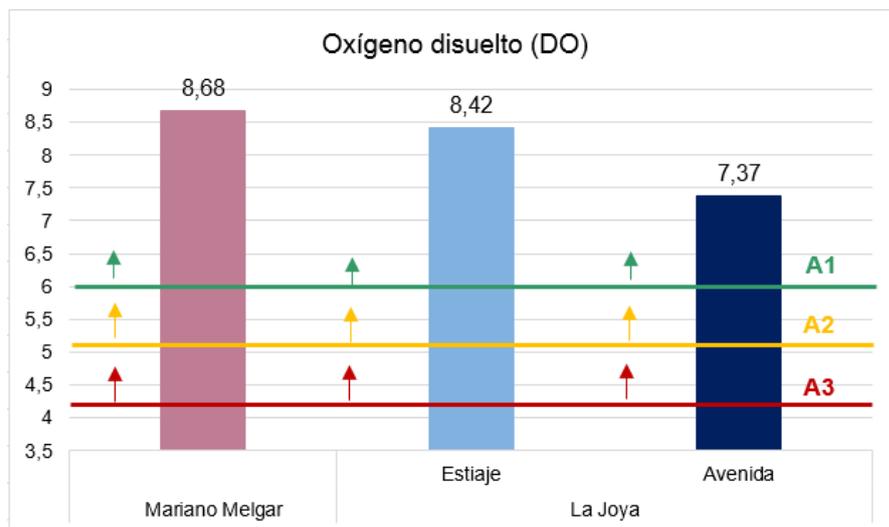
Dimensión DO

Oxígeno Disuelto (DO) (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1	≥ 6	Mariano Melgar		8,68
A2	≥ 5	La Joya	Estiaje	8,42
A3	≥ 4		Avenida	7,37

Elaboración propia

Figura 4.23

Dimensión DO



Elaboración propia

En la tabla 4.20 y la figura 4.23 se observa que el agua contiene más de la cantidad mínima en mg/L requerida en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), siendo la de Mariano Melgar la de mejor resultado. Sin embargo, se visualiza una disminución del 12,47% en las muestras de La Joya, donde en época de avenida el agua pierde DO acercándose a los límites mínimos aceptables, lo que podría ser grave para la vida acuática.

Tabla 4.21

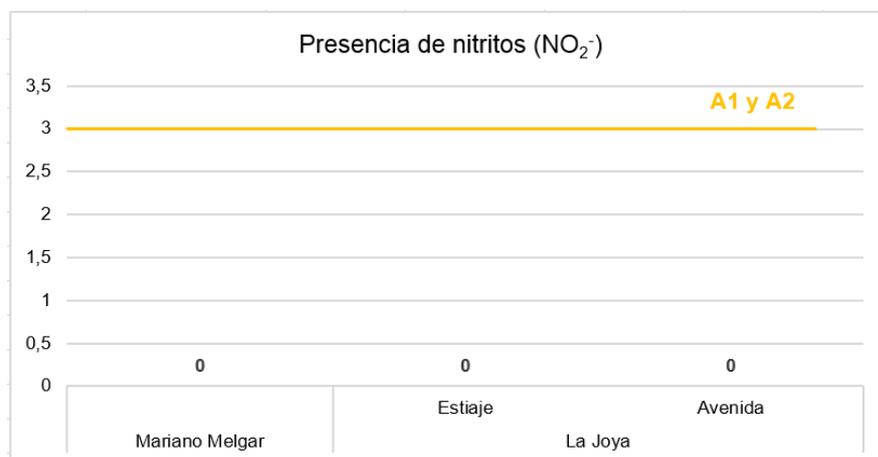
Dimensión Nitritos

Presencia de nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1 y A2	3	Mariano Melgar		0
		La Joya	Estiaje	0
			Avenida	0

Elaboración propia

Figura 4.24

Dimensión Nitritos



Nota: El parámetro A3 no presenta valor para este parámetro.

Elaboración propia

En la tabla 4.21 y figura 4.24 se contempla que ninguna de las muestras tomadas, ni en Mariano Melgar ni en La Joya, presentan nitritos en su composición.

Tabla 4.22

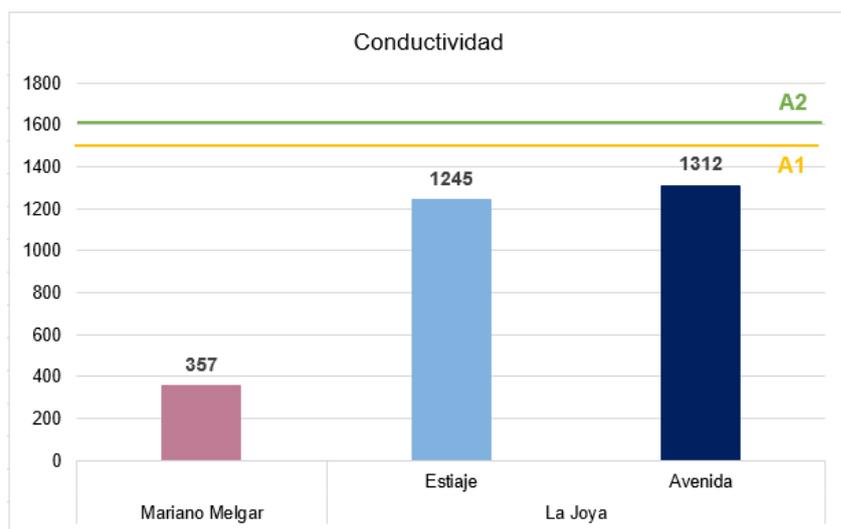
Dimensión Conductividad

Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )				
Parámetro	Valor	Muestras		
		Origen		Valor
A1	1 500	Mariano Melgar		357
A2	1 600	La Joya	Estiaje	1 245
			Avenida	1 312

Elaboración propia

Figura 4.25

Dimensión Conductividad



Nota: A3 no presenta un valor para este parámetro

Elaboración propia

En la tabla 4.22 y figura 4.25 se analiza la conductividad en el agua del río Chili, donde se ve una marcada diferencia entre el agua proveniente de La Joya contra Mariano Melgar, estando esta última por debajo del valor máximo permitido, mientras que en La Joya tiene posibilidad de salirse de ellos. También se puede decir que el agua en La Joya tiene una mayor concentración de sales y que presenta un pequeño aumento en la época de avenida.

En la tabla 4.23 se muestra la síntesis de los resultados del análisis y los parámetros concernientes a la variable Dureza.

Tabla 4.23

Resumen del análisis del agua

Análisis del agua							
Dimensión	Unidad	A1	A2	A3	Mariano Melgar	La Joya	
						Estiaje	Avenida
DO	mg/L Oxígeno disuelto	≥ 6	≥ 5	≥ 4	8,68	8,42	7,37
Presencia de nitritos	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	3	3	**	0	0	0
Conductividad	μS/cm	1 500	1 600	**	357	1245	1312

Variable		Dureza					
Dimensión	Unidad	A1	A2	A3	Mariano Melgar	La Joya	
						Estiaje	Avenida
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	7,09	7,91	8,05
Dureza	mg/L	500	**	**	90 a 180 <sup>*1</sup>	Mayor a 450 <sup>*1</sup>	Mayor a 450 <sup>*1</sup>
					110 <sup>*2</sup>	378 <sup>*2</sup>	386 <sup>*2</sup>
Presencia de nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	50	50	50m	0	25	0
Presencia de cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	250	250	250	0	0	0
TDS (Total de Sólidos Disueltos)	mg/L	1 000	1 000	1 500	178,5	622,5	656

\*1 = Se utilizó el método colorimétrico (unidades: mg/L)

\*2 = Se utilizó el titulador Digital (unidades: mg/L)

Elaboración propia

A continuación, se realizó la prueba experimental para determinar un tiempo aproximado de lavado de una prenda a mano con jabón o detergente utilizando aguas de distintas durezas que pertenecen a dos distritos de la provincia de Arequipa, La Joya y Mariano Melgar.

En las tablas 4.24 y 4.25 se mostrarán los tiempos obtenidos en las 2 pruebas experimentales de lavado a un pantalón de drill talla 34 con agua de La Joya y Mariano Melgar, así como su consolidación en la figura 4.26.

Tabla 4.24

Prueba A

Prueba A	Distrito		La Joya		Mariano Melgar	
	Tipo de lavado		Detergente	Jabón	Detergente	Jabón
Toma de tiempo (hora)	Inicio		10:37	10:42	11:06	11:20
	Fin		10:53	11:04	11:16	11:34
Tiempo empleado (minutos)	Diferencia		16	22	10	14

Elaboración propia

Tabla 4.25

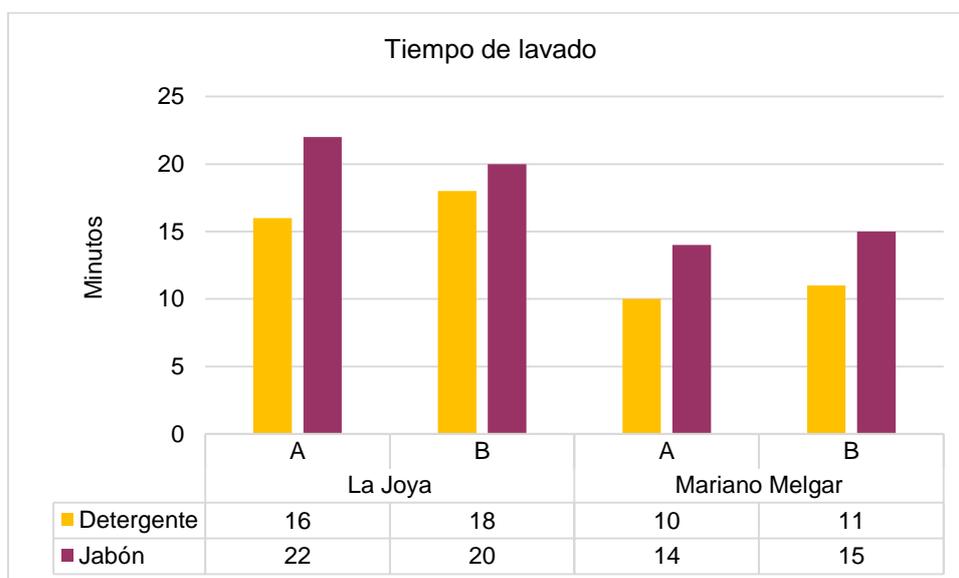
Prueba B

Prueba B	Distrito		La Joya		Mariano Melgar	
	Tipo de lavado		Detergente	Jabón	Detergente	Jabón
Toma de tiempo (hora)	Inicio		12:11	12:34	13:03	13:16
	Fin		12:29	12:54	13:14	13:31
Tiempo empleado (minutos)	Diferencia		18	20	11	15

Elaboración propia

Figura 4.26

Tiempo de lavado



Elaboración propia

Se puede apreciar que cuando se usa detergente en el lavado, sin importar el nivel de dureza de cada distrito, este siempre tendrá un tiempo menor en comparación al jabón. Por otro lado, se observa también que el uso de los insumos, jabón y detergente, no presenta un factor determinante que pueda interferir con el análisis del tiempo de lavado y la dureza del agua, pues se comportan de la misma manera. Es decir, en el agua clasificada como muy dura de La Joya, el tiempo del proceso global de lavado es mucho mayor con ambos insumos que en el agua moderadamente dura del distrito de Mariano Melgar.

Seguidamente, se mostrarán los resultados, con sus respectivas figuras, de las encuestas realizadas a 270 personas del distrito de La Joya.

Las preguntas 1 y 2, anteriormente explicadas, son por motivo de descarte e inferencia con respecto a la población estudiada y, tal como se observa en la tabla 4.26 y 4.27, y la figura 4.27 y 4.28, las encuestas se realizan a habitantes que han vivido más de 5 años en La Joya y que cuentan con una familia con un promedio de 5 miembros.

Tabla 4.26

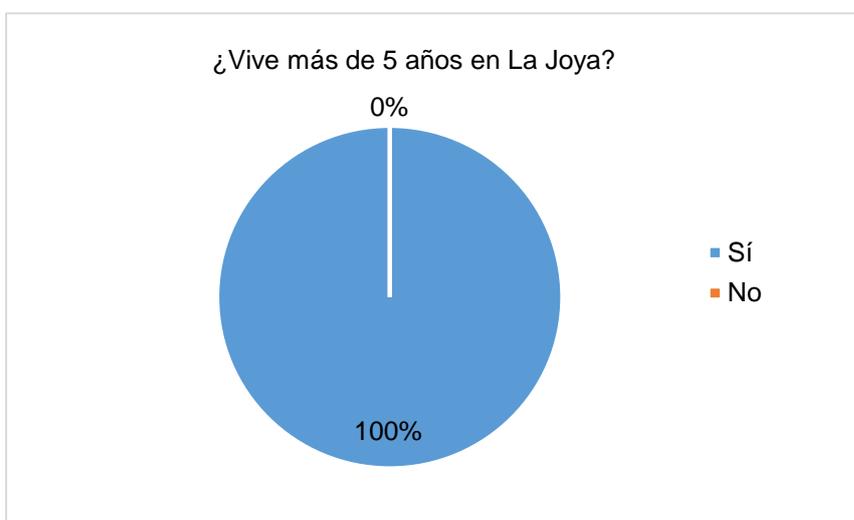
Pregunta 1

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	270	270	100%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Figura 4.27

Pregunta 1



Elaboración propia

Tabla 4.27

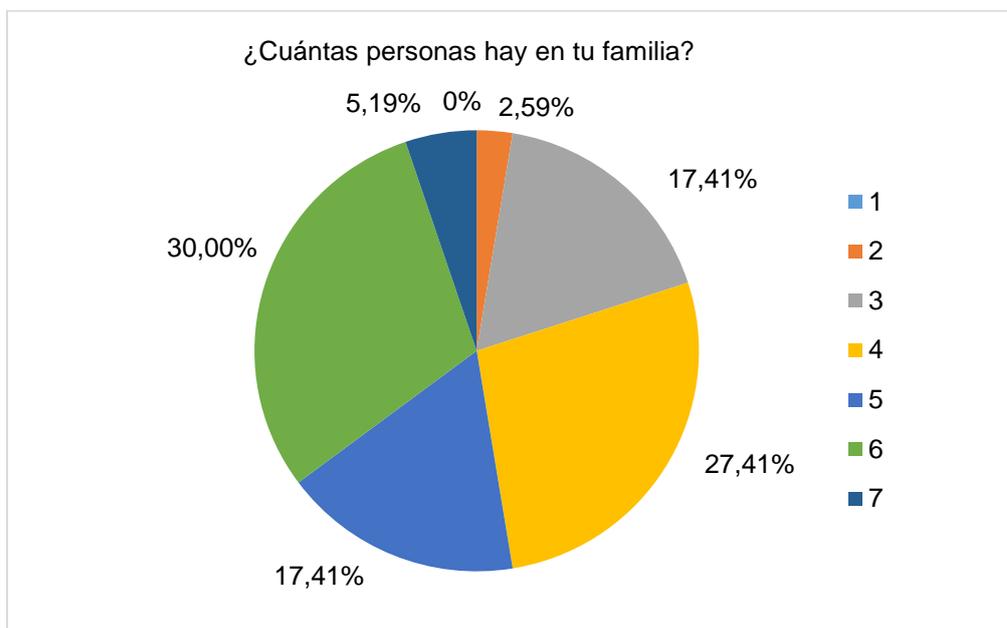
Pregunta 2

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
6	81	81	30%	30%
4	74	155	27,41%	57,41%
3	47	202	17,41%	74,81%
5	47	249	17,41%	92,22%
7	14	263	5,19%	97,41%
2	7	270	2,59%	100%
1	0	270	0%	100%
Total	380		100%	

Elaboración propia

Figura 4.28

Pregunta 2



Elaboración propia

En la tabla 4.28 y la figura 4.29 concerniente a la pregunta 3, ¿Hay presencia de espuma cuando lava?, se obtuvo la afirmación de la presencia de espuma cuando se lava del 97% de las personas.

Tabla 4.28

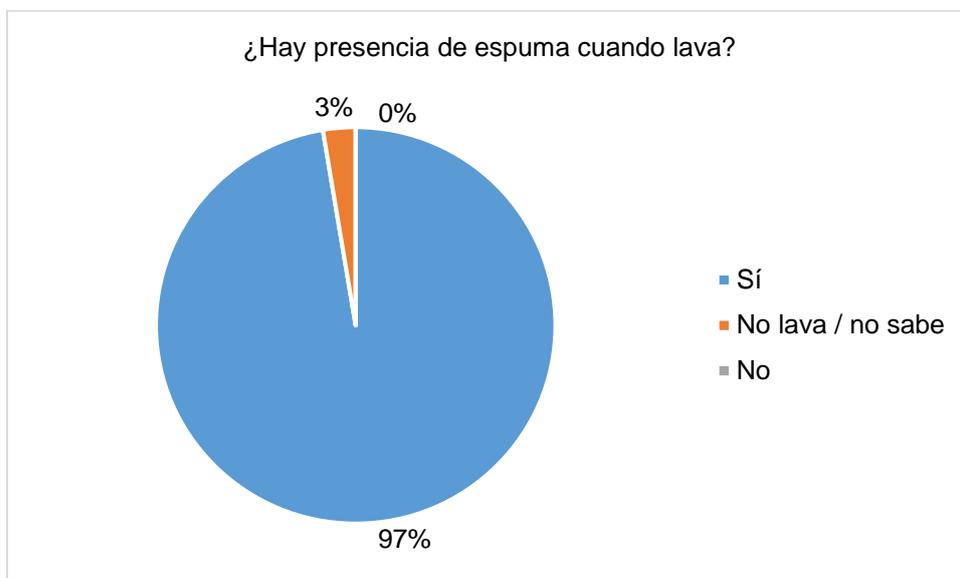
Pregunta 3

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	263	263	97%	97%
No lava / no sabe	7	270	3%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Figura 4.29

Pregunta 3



Elaboración propia

Por otro lado, la tabla 4.29 y la figura 4.30 que representa a la pregunta 4, En el último año, ¿ha notado algún cambio de sabor en el agua?, muestra que el 60% de personas no han detectado ningún cambio en el agua.

Tabla 4.29

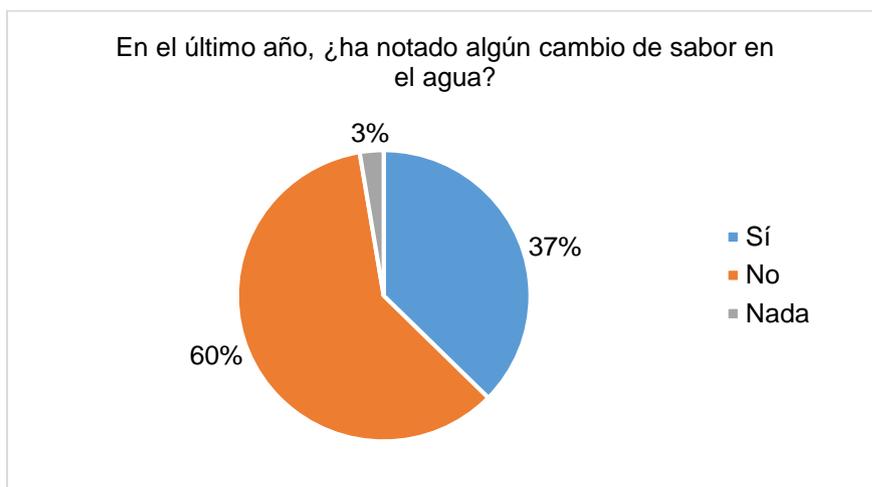
Pregunta 4

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	162	162	60%	60%
Sí	101	263	37%	97%
No lava / no sabe	7	270	3%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Figura 4.30

Pregunta 4



Elaboración propia

Con respecto a la pregunta 5, Después de hervir el agua, ¿ha encontrado sarro (costras blancas pegadas) en el interior de su tetera u otros?, correspondiente a la presencia de sarro en sus teteras u otros, la totalidad de las personas encuestadas respondieron afirmativamente como se aprecia en la tabla 4.30 y la figura 4.31.

Tabla 4.30

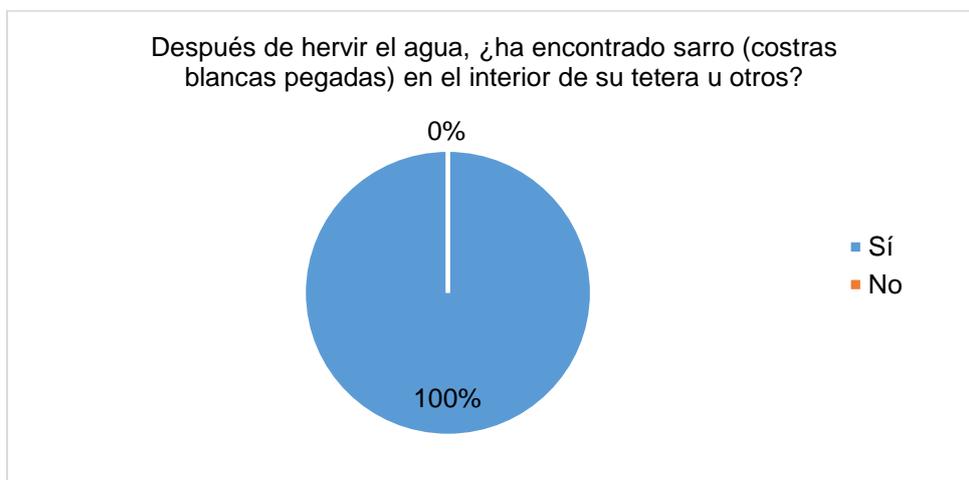
Pregunta 5

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
Sí	270	270	100%	100%
No	0	270	0%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Figura 4.31

Pregunta 5



Elaboración propia

La pregunta 6, ¿Cuánto se demora lavando a mano la ropa (3 – 5 prendas) ?, se ha expresado en intervalos que se aprecian en la tabla 4.31 y en la figura 4.32. En ellos se observa que el tiempo promedio de lavado por prenda es de 21 minutos/prenda aproximadamente.

Tabla 4.31

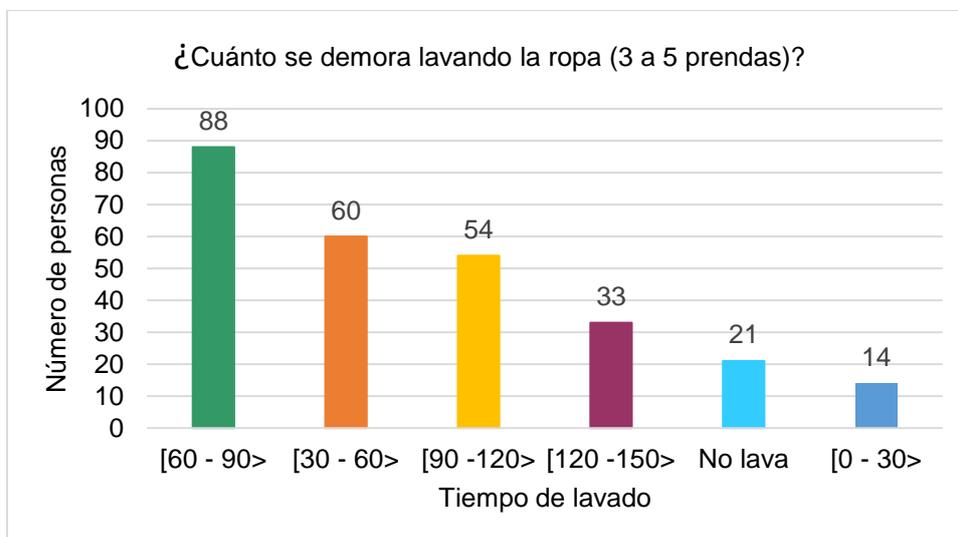
Pregunta 6

Respuestas Xi (en minutos)	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
[60 - 90>	88	88	33%	33%
[30 - 60>	60	148	22%	55%
[90 -120>	54	202	20%	75%
[120 -150>	33	235	12%	87%
No lava	21	256	8%	95%
[0 - 30>	14	270	5%	100%
Total	270		100%	

Elaboración propia

Figura 4.32

Pregunta 6



Elaboración propia

En tablas 4.32, 4.33 y figura 4.33 que corresponde a la pregunta 7, ¿Ha sufrido de cálculos renales?, se aprecia que más del 90% no han padecido esta enfermedad en ambos distritos. Por otro lado, el número de pobladores del distrito de La Joya que la han tenido duplica al número de Mariano Melgar.

Tabla 4.32

Pregunta 7 – Distrito de La Joya

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	243	243	90%	90%
Sí	27	270	10%	100%
Total	380		100%	

Elaboración propia

Tabla 4.33

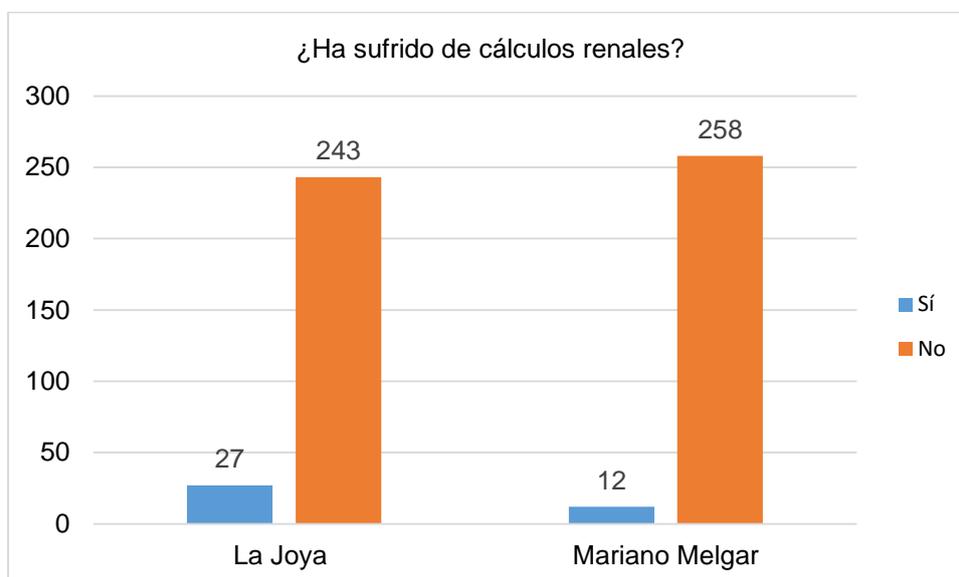
Pregunta 7 – Distrito de Mariano Melgar

Respuestas Xi	Frecuencia absoluta (Fi)	Frecuencia absoluta acumulada (Fi)	Porcentaje (Pi)	Porcentaje acumulado (Pi)
No	258	258	96%	96%
Sí	12	270	4%	100%
Total	380		100%	

Elaboración propia

Figura 4.33

Pregunta 7



Elaboración propia

## **CAPÍTULO V:**

### **DISCUSIÓN**

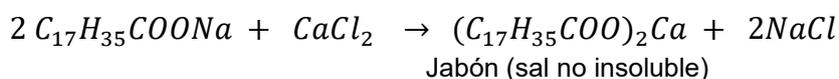
#### **5.1. Discusión**

Esta investigación ha tenido como fin comprobar el nivel de dureza en el distrito de La Joya y su influencia en las actividades diarias de los pobladores y en su salud.

De los resultados obtenidos a partir del análisis del agua, se evidencia que las muestras tomadas en ambos distritos no sobrepasan los límites máximos permisibles (LMP). Sin embargo, las captadas en el distrito de La Joya, tanto en la época de estiaje como de avenida, son mayores que la del distrito de Mariano Melgar siendo incluso clasificadas como agua muy dura, es decir,  $> 180$  mg/L de concentración de  $\text{CaCO}_3$ , según la clasificación establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por el contrario, el agua de Mariano Melgar solo llegó a ser considerada como agua moderadamente dura. A partir de ello, se

investigó cómo el nivel de dureza podría provocar diversos efectos sobre la vida de sus pobladores.

Se realizó una prueba experimental para determinar como el nivel de dureza afectaba las actividades diarias de los pobladores, en este caso, de La Joya. El experimento, como se describió anteriormente, consistió en la toma de tiempo al lavado de una prenda, con jabón y detergente, utilizando el agua de cada distrito. La teoría de jabones y detergentes señala que ambos pertenecen a los tensoactivos aniónicos, esto significa que se disocian en un anión anfifílico<sup>3</sup> y un catión que puede ser un metal alcalino o un amonio cuaternario. La acción limpiadora del jabón consiste en su poder humectante, el cual cubre la prenda y elimina su capa molecular grasosa; y su acción emulsionante y absorbente de grasas y aceites. Se puede observar la capacidad de emulsión de un jabón por la presencia de espuma en el agua, esta envuelve la suciedad suspendida e impide su sedimentación mejorando la acción limpiadora del jabón. Sin embargo, al realizar el lavado en medio del agua dura, el jabón tiende a formar compuestos insolubles con los iones de calcio y magnesio, reduciendo la cantidad de espuma y su acción limpiadora, como se observa en la siguiente reacción:



Por tanto, se hace necesario el uso de mayor cantidad de jabón. Por otro lado, el detergente que también busca la separación y su posterior suspensión de las partículas adheridas a una superficie sólida, difiere del jabón al tener en su composición coadyuvantes - reforzadores que lo ayudan a ser más resistente contra las sales insolubles presentes en el agua dura y de esta forma, mejorar la humectación que es la capacidad del agua de cubrir más superficie de la prenda, penetración y emulsión de la suciedad. El principal compuesto del detergente es el sindet, el cual forma “gotas” en el agua y permite sostener partículas de suciedad más pesadas. En síntesis, el uso de este agente limpiador es de mayor utilidad en el agua dura.

---

<sup>3</sup> Una molécula se denomina anfifila cuando posee la doble afinidad polar – apolar. La parte polar tiene atracción con solventes polares como el agua y se le conoce como hidrófila o hidrofílica; mientras que la parte apolar se le nombra como hidrófoba, hidrofóbica o lipófila. Recuperado de: Universidad de Lima. Tecnología Industrial. p. 108

Y, tal y como se esperaba por esta teoría sobre la dureza y los jabones y detergentes, se halló que existía una diferencia significativa de tiempo entre los distritos, siendo superior el que presenta mayor dureza. Es decir, que no solo se presenta una relación entre la dureza del agua y el tiempo que se emplea al lavar una prenda, sino también que el lavado en La Joya toma más tiempo que en un distrito con agua menos dura como la de Mariano Melgar. Por tanto, se acepta la segunda hipótesis específica y se comprueba la teoría que, a mayor dureza, mayor es el tiempo empleado para el lavado, en otras palabras, el agua dura afecta las actividades domésticas de los pobladores de la parte media – baja Quilca – Chili – Vítor.

Bajo la percepción de los ciudadanos del distrito de La Joya, recogida a través de la encuesta, se obtuvo que aproximadamente se demoran en lavar unos minutos/prenda, el cual sigue siendo superior a lo conseguido en el experimento con el agua de Mariano Melgar. Por otro lado, el total de encuestados respondió que sí notan presencia de espuma al momento de lavar; sin embargo, se deduce que es mínima esta cantidad tal y como se observó al momento de efectuar la prueba experimental.

También se conoció que solo el 37% ha percibido un cambio en el sabor, contrariamente a lo determinado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), que sustenta que la mayoría de las personas siente una alteración en el sabor cuando el nivel de dureza se encuentra por encima de los 300 mg/L. Esto puede deberse a que todos los encuestados hierven el agua antes de su consumo. Por otra parte, el 100% afirma encontrar sarro (caliche) en el interior de sus teteras u otro recipiente donde hierva o se deposite esta agua. En síntesis, los pobladores del distrito de La Joya son conscientes de que el agua que llega a sus hogares y utilizan a diario, es dura.

Continuando con el análisis, se indagó en la página del Gobierno Regional de Arequipa para conocer los casos de Litiasis urinaria al año en los distritos investigados en el trabajo. Se halló que el total de pobladores del distrito de La Joya que fueron al hospital por el grupo Litiasis urinaria (N20 al N23) es más del doble que los de Mariano Melgar. Además, también se visualizó que la enfermedad más frecuente en ambos distritos es la N20 referida al Cálculo del

riñón y del uréter. Siguiendo con este tema, la pregunta ¿Ha tenido cálculos renales? realizada a ambos distritos. Fue analizada y contrastada por medio de la hipótesis Chi cuadrada, la cual nos arrojó a un nivel del 10% de significancia, la existencia de una relación entre el agua dura y la litiasis, aceptando la tercera hipótesis específica y confirmando así las conclusiones de otros trabajos respecto al agua dura y la salud como los expuestos en el punto 2.1.2. Marco Referencial.

En síntesis, el agua que llega al distrito de La Joya es del tipo muy dura, mas no excede en ninguna dimensión los límites máximos permisibles (LMP), aunque se pueden notar que algunos valores están muy cercanos a hacerlo. Por otro lado y a pesar que no se excedan estos límites, se ha hallado que una actividad tan cotidiana como es lavar la ropa, demanda más tiempo al hacerse en una agua con un nivel de dureza  $> 300$  mg/L que con otra a un nivel  $< 120$  mg/L y, que no se debe al uso de distintos insumos de limpieza adquiridos por una diferencia en el nivel socioeconómico ni de preferencia o gusto personal, ya que se ha utilizado para el experimento los mismo insumos, jabón y detergente de la marca “Bolívar”, para ambas pruebas y el tiempo resultante ha sido mucho mayor en el distrito de La Joya.

Por otro lado, también se llegó a determinar que existe una relación entre este nivel de dureza en el agua con la enfermedad de la litiasis urinaria, siendo motivo para realizar una investigación más profunda y de mayor alcance en otras zonas de Arequipa acerca de esta afección que, en muchos casos, puede ser eliminada a las pocas semanas y en otros, puede complicarse y convertirse en un padecimiento crónico.

Finalmente, se puede decir que la hipótesis general del trabajo es verdadera y el agua de la parte media – baja del río Chili presenta dureza que no permite el mismo desarrollo de actividad humana en el distrito de La Joya contra el distrito de Mariano Melgar que representa la metrópolis o zona urbana de la provincia y la región de Arequipa.

## 5.2. Conclusiones

- 5.2.1. Se ha realizado control de calidad del agua de los distritos mencionados, tanto en época de estiaje como de avenida, debido a que, al aumentar el caudal del agua, este también puede llegar a La Joya con mayor cantidad de sales disueltas y dentro de ellas, las que originan dureza en el agua lo que se comprobó en las pruebas experimentales.
- 5.2.2. El agua potable distribuida por la provincia de Arequipa, tanto a sus primeros consumidores, Arequipa Metropolitana, como a los más lejanos como la zona rural, el distrito de La Joya; no sobrepasa los límites máximos permisibles del agua para consumo humano que solo requiere una simple desinfección (A1).
- 5.2.3. El nivel de dureza presente en el agua y el tiempo empleado en el proceso global de lavado cumplen una relación de proporcionalidad directa, es decir, a mayor dureza, mayor será el tiempo consumido. Esto se evidencia, al comparar el tiempo transcurrido en el distrito de La Joya en comparación con el distrito de Mariano Melgar.
- 5.2.4. Existe relación entre el nivel de dureza del agua con la enfermedad de litiasis urinaria, mas no se debe entender como el único factor por el cual pueda aparecer esta afección.

### 5.3. Recomendaciones

- 5.3.1. Se recomienda investigar más extensamente en el ámbito de la dureza en el agua y sus diferentes efectos en la salud humana teniendo en cuenta variables como frecuencia de consumo, diversos niveles de dureza, un estudio de salud a los participantes antes y después del experimento, entre otros.
- 5.3.2. Se sugiere continuar con el proyecto de La Joya referido a la planta de tratamiento de agua para el consumo humano, pues si bien a las personas que disfrutan de agua potable les llega por debajo de los límites máximos permisibles, no se conoce cómo es que esto pueda variar en poblados más alejados que aún sigan perteneciendo a la provincia de Arequipa. Además, siendo el mismo río y el mismo sistema Chili Regulado se debería entregar un servicio de iguales resultados a todos los consumidores.
- 5.3.3. Se propone la realización de una investigación sobre el diseño de un sistema de tratamiento analizando la situación actual del agua de la parte media – baja del río Chili – Quilca – Vitor.
- 5.3.4. Se plantea el desarrollo de trabajos concentrándose en el agua para el uso agrícola, que es el de mayor uso y el que consume más m<sup>3</sup> del río. Además, es una de las actividades económicas más importantes en la región y su crecimiento se ve perjudicado por no cumplir con los requisitos exigidos para las exportaciones.

#### 5.4. Referencias bibliográficas

- Agualite. (18 de diciembre del 2013). ¿Qué son los TDS o Total de Sólidos Disueltos en el agua? Recuperado de <https://agualite.wordpress.com/2013/12/18/que-son-los-tds-o-total-de-solidos-disueltos-en-el-agua/>
- Alcalde, S., Astaburuaga, C y Hernández, A. (setiembre del 2011). El agua potable de alta dureza como factor de riesgo para la litiasis renal. Recuperado de [http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/6209/hernandez-alicia.pdf](http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/6209/hernandez-alicia.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (diciembre del 2009). Evaluación de las eficiencias del uso del agua en sectores poblacional, hidroenergético, minero e industrial. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/v1\\_completo\\_0\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/v1_completo_0_0.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (marzo del 2009). Ley N°29338, Ley de Recursos Hídricos. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley\\_29338\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley_29338_0.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (2011). Resultados del segundo monitoreo de la calidad del agua en la cuenca Chili – Arequipa. Recuperado de <http://portal.snirh.gob.pe/img/l/19/T48/IMCO1082011.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (marzo del 2011). Taller: “Mejora de Gestión de la Calidad del Agua en las Cuencas Piloto”. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/media/361279/2%20cuenca\\_chili%20ndra.pdf](http://www.ana.gob.pe/media/361279/2%20cuenca_chili%20ndra.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). Primer monitoreo de calidad de aguas de la cuenca Quilca – Chili del 20 al 27 de agosto de 2011. Recuperado de <http://portal.snirh.gob.pe/img/l/19/T48/IMCO0022012.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (2012). Tercer monitoreo de calidad de aguas de la cuenca Quilca – Chili del 5 al 9 de diciembre de 2011. Recuperado de <http://portal.snirh.gob.pe/img/l/19/T48/IMCO00120123.pdf>
- Autoridad Nacional del Agua. (diciembre del 2013). Plan de gestión de recursos hídricos. Cuenca Quilca – Chili. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/img/quilca-chili\\_31marzo.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/img/quilca-chili_31marzo.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Estrategia Nacional para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos. Recuperado de [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j.\\_042-2016-ana.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._042-2016-ana.pdf)
- Autoridad Nacional del Agua. (2016). Plan operativo institucional 2017 del Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Quilca Chili. Recuperado de

[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/img/plan\\_operativo\\_2017\\_crhc\\_quilca\\_chili.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/img/plan_operativo_2017_crhc_quilca_chili.pdf)

- Bárcena, J. (17 de octubre del 2015). Arequipa riega sembríos con agua contaminada con metales pesados. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/>
- Bauder, J. y Sigler, A. (15 de noviembre del 2012). Alcalinidad, pH y Sólidos Disueltos Totales. Recuperado de [http://region8water.colostate.edu/PDFs/we\\_espanol/Alkalinity\\_pH\\_TDS%202012-11-15-SP.pdf](http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf)
- Borges Umaña, N. (2016). Estudio exploratorio sobre la implicación de la dureza del agua para consumo humano en algunas enfermedades de la población de Costa Rica, en el periodo del 2007 al 2013 (tesis de licenciatura). Recuperada de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/16872>
- Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (2001). *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill
- Centro Peruano de Estudios Sociales. (s.f.). Cuenca del Río Quilca. Recuperado de [http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico\\_calidad\\_agua-tomo2/diagnostico\\_calidad\\_agua\\_cuenca\\_rio\\_quilca.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/diagnostico_calidad_agua-tomo2/diagnostico_calidad_agua_cuenca_rio_quilca.pdf)
- Centro Peruano de Estudios Sociales. (s.f.). Marco Conceptual. Recuperado de [http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia\\_planes\\_maestros/metodologia\\_planes\\_maestros1.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf)
- Clínica Universidad de Navarra. (s.f.). Litiasis renal. Recuperado de <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/litiasis-renal>
- Construcción y Vivienda. (19 de abril del 2018). Calidad del agua y la necesidad de plantas de tratamiento de agua potable. *Agua y Saneamiento*, (4), 6-9. Recuperado de <https://www.construccionyvivienda.com/>
- CuidatePlus. (2016). Litiasis renal. Recuperado de <https://cuidateplus.marca.com/enfermedades/urologicas/litiasis-renal.html>
- Cuido el agua. (s.f.). ¿Qué son las aguas residuales? Recuperado de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/aguaresiduales/aguasresiduales.html>
- Cuti, M. (25 de abril del 2018). Pese a promesa del GRA, no retoman trabajos en las plantas de tratamiento La Joya. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>
- Diario Oficial El Peruano. (2015). Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones

- complementarias para su aplicación. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/>
- Diario Oficial El Peruano. (2017). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/>
- Dirección General de Salud Ambiental. (s.f.). Parámetros. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
- El Búho Diario Digital. (s.f.). Chili: escaso y enfermo. Recuperado de <https://elbuho.pe/>
- Empendium. (s.f.). Litiasis renal. Recuperado de <https://empendium.com/manualmibe/chapter/B34.II.14.6>.
- Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (2016). Memoria Institucional. Ejercicio 2016. Recuperado de <http://www.egasa.com.pe/wp-content/uploads/2017/04/Memoria-2016-JUNTA.pdf>
- Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A. (s.f.). Pillones. Recuperado de <http://www.egasa.com.pe/operaciones-y-proyectos/instalaciones/represas/pillones/>
- Fernández P. de Vizcardo, I. (s.f.). Contaminación del río Chili, Arequipa, durante los años 1972 a 1982 y 1999 a 2004. Recuperado de [http://www.uap.edu.pe/investigaciones/esp/Revista\\_07\\_Esp\\_08.pdf](http://www.uap.edu.pe/investigaciones/esp/Revista_07_Esp_08.pdf)
- Flores-Castro, B. (17 de julio del 2017). Dos mil pobladores afectados por el olor que emana la PTAR Chilpina. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>
- Fluence. (09 de noviembre del 2017). Sólidos disueltos y purificación del agua. Recuperado de <https://www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/>
- Gerencia Regional de Salud Arequipa. (2016). Análisis de situación de salud. Recuperado de [http://www.dge.gob.pe/portal/Asis/indreg/asis\\_arequipa.pdf](http://www.dge.gob.pe/portal/Asis/indreg/asis_arequipa.pdf)
- Govern Illes Balears. (s.f.). Preguntas y respuestas sobre los nitratos en el agua de consumo. Recuperado de <http://www.caib.es/sites/salutambiental/es/nitrats-26197/>
- Grupo Digamma. (2016). PTAR La Escalerilla – Arequipa: Infraestructura sanitaria para la Ciudad Blanca. *Perú Construye*, (39). Recuperado de <https://peruconstruye.net/ptar-la-escalerilla-arequipa-infraestructura-sanitaria-para-la-ciudad-blanca/>
- HACH Company. (2000). *Manual de análisis de agua*. Recuperado de <https://www.hach.com/asset-get.download.jsa?id=7639984469>

- Huanca, E. (27 de noviembre del 2013). En riesgo agua potable para La Joya por observaciones. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Uso consuntivo del agua superficial por vertiente, 2013 – 2015 (m<sup>3</sup>). Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices\\_tematicos/c8.xls](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/indices_tematicos/c8.xls)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (s.f.). Población 2000 a 2015. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>
- Kinetico. (s.f.). ¿Qué es el agua blanda? Recuperado de <http://www.kinetico.es/conozca-su-agua/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-agua-blanda>
- Lovibond. (s.f.). TB 210 IR. Recuperado de <http://www.lovibondwater.com/product/tb-210-ir.aspx>
- Mamani, E. (07 de agosto del 2017). Planta de tratamiento La Escalerilla funciona al 40% de su capacidad. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/>
- MedlinePlus. (s.f.). Cálculos renales. Recuperado de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000458.htm>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2011). Informe Técnico N°201 – 2011 – ANA – DGCRH/IGVCH – MPC, Identificación de fuentes contaminantes de la cuenca Chili. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretossupremos/2015/ds006-2015-minagri.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). Decreto Supremo N°006 – 2015 – MINAGRI, Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretossupremos/2015/ds006-2015-minagri.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (25 de junio del 2009). Identificación y Sistematización de Fuentes de contaminación en la Cuenca del río Quilca – Vítor – Chili. Recuperado de [http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen\\_ejecutivo\\_-\\_rio\\_chili.pdf](http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/resumen_ejecutivo_-_rio_chili.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2010). Decreto Supremo N°001-2010-AG, Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos. Recuperado de <http://servicioecosistemas.minam.gob.pe/descarga?IdArchivo=82>
- Ministerio del Ambiente. (2010). Decreto Supremo N°004 – 2017 – MINAM, Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

- Ministerio del Ambiente. (30 de diciembre del 2015). MINAM aprobó Estándares de Calidad Ambiental para Agua. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/lima-30-de-diciembre-de-2015-mediante-decreto-supremo-no-015-2015-minam-publicado-el-19-de-diciembre-de-2015-en-el-diario-oficial-el-peruano-el-ministerio-del-ambiente-minam-en-coordinacion/>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). Estándares de calidad ambiental. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/estandares-de-calidad-ambiental/>
- Ministerio del Ambiente. (s.f.). Preguntas frecuentes. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/estandares-de-calidad-ambiental/wp-content/uploads/sites/146/2017/06/Preguntas-frecuentes.pdf>
- Municipalidad Distrital de La Joya. (s.f.). Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Recuperado de <http://municipalidadlajoya.gob.pe/index.php/distrito/historia.html>
- Municipalidad Distrital de La Joya. (s.f.). Historia. Recuperado de <http://municipalidadlajoya.gob.pe/index.php/distrito/historia.html>
- Neira Gutiérrez, M. (noviembre del 2006). *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile* (tesis para optar el título de ingeniero civil). Recuperada de [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira\\_m/sources/neira\\_m.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2006/neira_m/sources/neira_m.pdf).
- Observatorio de la Cuenca Quilca – Chili. (s.f.). Caracterización Biofísica. Recuperado de [http://190.119.239.199/quilca/caracterizacion\\_biofisica.html](http://190.119.239.199/quilca/caracterizacion_biofisica.html)
- ODR Agua Italia. (s.f.). TDS: ¿Qué es y por qué medirlo? Recuperado de <http://www.odragua.com/es/tds-que-es-y-por-que-medirlo>
- Palomares, A. (s.f.). Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. Recuperado de <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/contaminacion-del-agua-por-nitratos-y-tecnicas-para-su-tratamiento>
- PanaChlor. (s.f.). Sólidos Disueltos Totales (TDS) y Electroconductividad (EC). Recuperado de [http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-\(TDS\)-Electroconductividad-\(EC\).pdf](http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-(TDS)-Electroconductividad-(EC).pdf)
- Peru Tourist Guide. (s.f.). Mapa de la provincia de Arequipa. Recuperado de [http://www.perutoptours.com/index04ar\\_mapa\\_arequipa.html](http://www.perutoptours.com/index04ar_mapa_arequipa.html)
- Quaranta, G. (s.f.). Agricultura de secano. Recuperado de [http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/leaflets/c4\\_leaflet\\_es.pdf](http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/leaflets/c4_leaflet_es.pdf)
- Real Academia de Ingeniería. (s.f.). Analito. Recuperado de <http://diccionario.raing.es/es/lema/analito>

- Real Academia Española. (s.f.). Salud. Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=X7MRZku>
- Radio Programas del Perú. (24 de junio del 2011). El río Chili de Arequipa es el más contaminado del Perú. Recuperado de <http://rpp.pe/peru/actualidad/el-rio-chili-de-arequipa-es-el-mas-contaminado-del-peru-noticia-379302>
- Radio Programas del Perú. (01 de febrero del 2017). Restablecerán servicio de agua a usuarios de La Tomilla I. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/arequipa/restableceran-servicio-de-agua-a-usuarios-de-la-tomilla-i-noticia-1027974>
- Radio Programas del Perú. (06 de diciembre del 2017). Temporada de lluvia se inicia el 13 de diciembre en Arequipa. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/arequipa/temporada-de-lluvia-se-inicia-el-13-de-diciembre-en-arequipa-noticia-1093020>
- Redacción Gestión. (30 de enero del 2017). Tambomayo: Así es la nueva mina Buenaventura a 4,800 metros de altura. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/>
- Redacción La República. (18 de marzo del 2012). 75% de los pobladores de La Joya consumen agua de acequia sin tratamiento. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/>
- Rodríguez Valdivia, E. (16 de octubre del 2012). Río Chili: preocupa la contaminación y la deforestación donde nace la cuenca. *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/>
- Rumbo Minero. (2016). Minería Peruana 2017: Proyecciones del Top. *Rumbo Minero*, (99). Recuperado de <http://www.rumbominero.com/ED99/RM99-comprimido.pdf>
- Rumbo Minero. (15 de marzo del 2017). Arequipa sigue siendo el primer productor de cobre y molibdeno. *Rumbo Minero*, (101), 105-108. Recuperado de <http://www.rumbominero.com/>
- Rumbo Minero. (20 de diciembre del 2017). Cerro Verde busca controlar olores en planta La Enlozada en Arequipa. *Rumbo Minero*, (106), 123-129. Recuperado de <http://www.rumbominero.com/>
- Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles. (22 de marzo del 2010). Resolución Jefatural N°202 – 2010 – ANA, Anexo N°1: Clasificación de cuerpos de agua superficiales: ríos, lagos y lagunas. Recuperado de <http://www.senace.gob.pe/download/senacenormativa/NAT-3-5-05-RJ-N202-2010-ANA.pdf>
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (s.f.). La lixiviación. Recuperado de

[http://www.confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/1152/la\\_lixiviacion\\_snmpe.pdf](http://www.confiep.org.pe/facipub/upload/publicaciones/1/1152/la_lixiviacion_snmpe.pdf)

The U.S. Geological Survey. (s.f.). The Water Cycle. Recuperado de <https://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>

Universidad de La Punta. (s.f.). ¿Qué es una cuenca hidrográfica? Recuperado de [http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/geo1/qu\\_es\\_una\\_cuenca\\_hidrografica.html](http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/geo1/qu_es_una_cuenca_hidrografica.html)

Universidad de Lima. (abril de 2017). *Tecnología Industrial*. (14° ed.)

Universidad de Sevilla. (s.f.). Determinación de cloruro. Recuperado de [http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/Determinacion\\_de\\_cloruro.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Determinacion_de_cloruro.asp)

Vilca, G. (07 de setiembre del 2017). Planta de tratamiento de agua en La Joya tiene el 90% de avance. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>

Vilca, G. (10 de diciembre del 2017). Cierran planta de tratamiento de aguas servidas Chilpina en marzo del 2018. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>

World Health Organization. (2011). Hardness in Drinking – water. Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/hardness.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf)

## **ANEXOS**

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Planteamiento del problema	Objetivos	Marco Teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><u>Problema General:</u></p> <p>¿En qué afecta el agua dura a la población de la parte media – baja río Chili?</p> <p><u>Problemas Específicos:</u></p> <p>a. ¿El agua del río Chili cumple con los límites máximos permisibles referentes al agua dura destinada al consumo humano?</p> <p>b. ¿El agua dura afecta el desempeño de las tareas domésticas de la población de la</p>	<p><u>Objetivo General:</u></p> <p>Investigar y analizar los posibles efectos del agua dura en la población de la parte media – baja río Chili.</p> <p><u>Objetivo Específicos:</u></p> <p>a. Analizar cuantitativamente la concentración del agua dura en esta localización.</p> <p>b. Comparar el proceso global de lavado de la población de la UH Media Bajo Quilca - Vitor - Chili (La</p>	<p><u>Antecedentes:</u></p> <p>- Alcalde, S., Astaburuaga, C. &amp; Hernández, A. (2011). <i>El agua potable de alta dureza como factor de riesgo para la litiasis renal.</i></p> <p>- Borges Umaña, Nancy (2016). <i>Estudio exploratorio sobre la implicación de la dureza del agua para consumo humano en algunas enfermedades de la población de Costa</i></p>	<p><u>Hipótesis General:</u></p> <p>El agua que tiene un papel muy importante en la actividad socioeconómica de la región Arequipa, distrito La Joya, y que constituye un elemento muy indispensable para el desarrollo de la actividad humana presenta un nivel de dureza que impide el adecuado desarrollo de la vida diaria de la población de la parte media – baja del río Chili.</p> <p><u>Hipótesis Específicas:</u></p> <p>a. La dureza presente en la parte media - baja del río Chili sobrepasa los</p>	<p><u>Variable Independiente:</u></p> <p>Dureza</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Dureza</li> <li>- Presencia de nitratos</li> <li>- Presencia de cloruros</li> <li>- Total de Sólidos Disueltos (TDS)</li> </ul> <p><u>Variables Dependientes:</u></p> <p>Uso</p> <p><u>Dimensión:</u></p>	<p><u>Tipo de investigación:</u></p> <p>Descriptivo - deductivo</p> <p><u>Diseño de investigación:</u></p> <p>No experimental</p> <p><u>Población:</u></p> <p>Todos los pobladores del distrito de La Joya</p> <p><u>Muestra:</u></p> <p>No probabilística. n = 270 personas encuestadas.</p> <p><u>Técnicas de recolección de datos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muestras del agua del río Chili en los distintos distritos.</li> <li>- Encuesta.</li> </ul>

<p>parte media - baja del río Chili?</p> <p>c. ¿Existe relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili?</p>	<p>Joya) contra la de población de UH Medio Quilca - Vitor - Chili (Mariano Melgar) del río Chili.</p> <p>c. Determinar la relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili.</p>	<p><i>Rica, en el periodo del 2007 al 2013.</i></p> <p>- Neira Gutiérrez, M.A. (2006). <i>Dureza en agua de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile.</i></p>	<p>límites máximos permisibles concernientes al agua destinada para consumo humano.</p> <p>b. El agua dura dificulta las operaciones domésticas como el proceso global de lavado de ropa.</p> <p>c. El agua dura afecta la salud de la población de la parte media – baja del río Chili.</p>	<p>- Tiempo del proceso global de lavado</p> <p>Salud</p> <p><u>Dimensión:</u></p> <p>- Litiasis</p>	<p>- Prueba experimental de lavado.</p> <p><u>Técnicas de análisis y procesamiento:</u></p> <p>- Tablas y gráficos</p> <p>- T – Student</p> <p>- Chi – Cuadrado</p> <p>- Pruebas de normalidad e igualdad de varianza</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Anexo N°2: Matriz de Recolección de Datos

Problema General:		¿En qué afecta el agua dura a la población de la parte media – baja río Chili?				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensiones	Indicador	Instrumentos de recolección de datos
¿El agua del río Chili cumple con los límites máximos permisibles referentes al agua dura destinada al consumo humano?	Analizar cuantitativamente la concentración del agua dura en esta localización.	La dureza presente en la parte media - baja del río Chili sobrepasa los límites máximos permisibles concernientes al agua destinada para consumo humano.	Dureza	pH	Unidad de pH	Análisis físico – químico del agua
				Dureza	mg/L	
				Presencia de nitratos	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
				Presencia de cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>	
				Total de Sólidos Disueltos (TDS)	mg/L	
¿El agua dura afecta el desempeño de las tareas domésticas de la población de la parte media - baja del río Chili?	Comparar el proceso global de lavado de la población de la UH Media Bajo Quilca - Vítor - Chili (La Joya) contra la población de UH Medio Quilca - Vítor - Chili(Mariano Melgar) del río Chili.	El agua dura dificulta las operaciones domésticas como el proceso global de lavado de ropa.	Uso	Tiempo del proceso global de lavado	Tiempo de lavado/prenda	Encuesta Prueba experimental

Problema General:		¿En qué afecta el agua dura a la población de la parte media – baja río Chili?				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Dimensiones	Indicador	Instrumentos de recolección de datos
¿Existe relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili?	Determinar la relación entre el agua dura y la salud de los pobladores de la parte media - baja del río Chili.	El agua dura afecta la salud de la población de la parte media – baja del río Chili.	Salud	Litiasis	N° personas que ha tenido cálculos renales	Encuesta

### Anexo N°3: Ficha técnica de los instrumentos a utilizar

#### Encuesta

1. ¿Vive más de cinco años en La Joya/Mariano Melgar?

Sí

No

2. ¿Cuántas personas hay en tu familia?

3. ¿Hay presencia de espuma cuando lava?

Sí

No

4. En este último año, ¿ha notado algún cambio de sabor en el agua?

Sí

No

5. Después de hervir el agua, ¿ha encontrado sarro (costras blancas pegadas) en el interior de su tetera u otros?

Sí

No

6. ¿Cuánto se demora lavando a mano la ropa (3 – 5 prendas)?

7. ¿Ha sufrido de cálculos renales o litiasis?

Sí

No

Anexo N°4: Validación por juicio de expertos de los Instrumentos para la toma de datos

Validación de la encuesta por juicio de expertos

Instrucciones:

Luego de analizar las matrices y el instrumento a validar (encuesta) y, de acuerdo a su experiencia y criterio, marcar con un aspa (X) en la casilla que considere conveniente por cada ítem. También puede agregar alguna apreciación en "Observaciones".

Ítem Pregunta*	Claridad en la redacción		Lenguaje adecuado		Mide lo que pretende		Se relaciona con un objetivo de la investigación	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
3								
4								
5								
6								
7								

\*: La pregunta 1 y 2 no serán evaluadas pues pertenecen al rubro de filtro e inferencia.

Observaciones:

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombres y Apellidos:

---

Fecha: \_\_\_\_\_

---

Firma

## Anexo N°5: Definiciones de términos

1	AAA I Caplina Ocoña	Autoridad Administrativa del Agua Caplina Ocoña, su jurisdicción abarca desde el río Ocoña en Arequipa hasta Caplina en Tacna
2	ALA	Autoridad Local del Agua
3	ANA	Autoridad Nacional del Agua
4	ARMA	Autoridad regional del medio ambiente Arequipa
5	Autodema	Autoridad Autónoma de Majes
6	Cal ver 2	Almohadillas de polvo indicador de calcio para la determinación de calcio por el método de titulación EDTA
7	CIE	Clasificación Internacional de Enfermedades
8	DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
9	DO	Oxígeno Disuelto
10	ECA	Estándar de Calidad Ambiental
11	EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
12	EGASA	Empresa de Generación Eléctrica de Arequipa S.A.
13	EsSalud	Seguro Social de Salud del Perú
14	INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
15	LMP	Límites Máximos Permisibles
16	MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
17	MINAM	Ministerio del Ambiente
18	MINSA	Ministerio de Salud
19	OMS	Organización Mundial de la Salud
20	pH	Potencial de hidrógeno
21	PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
22	Sedapar	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Arequipa

23	TDS	Total de Sólidos Disueltos
24	UH	Unidad Hidrográfica