

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso  
hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo  
humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco.**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTOR: Bach. Elida CHÁVEZ MAURICIO**

**ASESOR: Dr. Rommel Luis LÓPEZ ALVARADO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



## **TESIS**

**Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso  
hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo  
humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco.**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA  
PRESIDENTE

---

Mg. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY  
MIEMBRO

---

Mg. Lucio ROJAS VITOR  
MIEMBRO

**DEDICATORIA**

*A Dios y mi familia.*

## RECONOCIMIENTO

*El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la asesoría del Dr. Rommel Luis, López Alvarado. Además de hacer posible la realización de esta tesis, mi agradecimiento por su tiempo, dedicación y paciencia.*

*A la Mg. Rosario Marcela, Vásquez García por compartir sus conocimientos y plasmarlos al inicio y culminación del presente, por aceptar muy amablemente presidir como jurado calificador.*

*Al Ing. Antonio, Colqui Huamán, especialista de salud ambiental de Diresa-Pasco, por el soporte en la toma de muestras, por su amistad y consejos brindados.*

*Al Ing. Favio Máximo, Mena Osorio por su paciencia y quien me brindo apoyo relevante en la elaboración del mapa hidrológico en la zona de estudio.*

*Al Ing. Luis Pacheco Peña por su cuota para la mejora del presente proyecto.*

*Especial agradecimiento a los jurados calificadores: Mg. Lucio, Rojas Vitor y Mg. Miguel Ángel, Basualdo Bernuy.*

*A mis padres por apoyarme en todo lo propuesto, por ser mi apoyo más grande durante mi educación universitaria, por ser mis guías y adoración.*

*A, mis hermanos y tía por estar siempre para mí.*

*A mis amigos, por ser parte de mi vida y motivarme con la culminación de mi tesis.*

*A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado, “Evaluación de la calidad físico, químico y microbiológico del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco”, se realizó con el objetivo de evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua subterránea destinada para consumo humano. El análisis de parámetros químicos se realizó en el laboratorio de ensayo: Servicios Analíticos Generales S.A.C., con reconocimiento del Organismo Peruano de Acreditación – INACAL, y para el análisis de parámetros físicos y microbiológicos en el laboratorio de control ambiental de DIRESA-Pasco.

Aproximadamente un tercio de la población del distrito de Vicco consume agua subterránea, debido a la deficiencia para la implementación y funcionamiento del sistema de agua potable y alcantarillado, los mismos que desconocen la calidad del mismo.

El diseño de la investigación fue no experimental de tipo transeccional, se consideró un tamaño de seis (6) muestras de manera convencional. Los resultados de ensayo se contrastaron con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, publicado mediante D.S. N° 031-2010-SA. Además, se emplea como referencia la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado mediante D.N. N° 004-2017-MINAM. El análisis estadístico consistió en el cálculo de la medida de tendencia central: media aritmética; y de dispersión: desviación estándar, valores extremos y pruebas T student para una muestra.

Los resultados de ensayo de parámetros físicos y químicos: turbiedad, conductividad, temperatura, pH, cloro, sólidos disueltos totales, sulfatos, dureza total, nitratos y los metales totales: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Y, Zn y Zr mostraron que se encuentran aptas para el consumo humano, en el total de muestras se encuentran debajo de los LMP establecidos en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano. A diferencia del níquel y plomo que sobrepasan ligeramente los LMP en las muestras N° 1, 4 y 6 para níquel y las muestras N° 2 y 3 para plomo.

Los resultados de ensayo de parámetros microbiológicos: coliformes totales, sobrepasan los LMP en el total de muestras, expresando así que no se encuentran aptas para consumo humano y los resultados para coliformes fecales sobrepasan los LMP en las muestras N° 5 y 6; en las muestras N° 1, 2, 3 y 4 se evidencia ausencia de bacterias coliformes fecales establecido en el reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

**Palabras Clave:** Calidad de Agua, recurso hídrico subterráneo, consumo humano.

## ABSTRACT

The present research work is titled “Evaluation of The Physical, Chemical and Microbiological Qualities of Subterranean Water Resources as a Supply Source for Human Consumption, and executed in Vicco District, Province and Department of Pasco”. The research was performed aiming to evaluate physical, chemical and microbiological parameters of subterranean water resources as a supply source for human consumption. The analysis of physical and chemical parameters were performed in General Analytic Services SAC test laboratory and recognized by the Peruvian Organism of Accreditation – INACAL. The physical and microbiological parameters were tested in DIRESA PASCO Environmental Control Laboratory.

Approximately a third of the population of Vicco District consumes subterranean waters. This is caused by the deficit of implementation and functioning of the drinking water systems and sewage systems, of which the internal quality is unknown.

The research design was a non-experimental and cross-sectional type. A sample size of six (06) was considered in a conventional manner. The test results were contrasted with the Maximum Permissible Limits (MPL) parameters established within the Regulation of Water Quality for Human Consumption published through Supreme Decree Number 031-2010-SA. It was also applied the A-A1 Subcategory of Number 1 Category of Demographic and Recreation of Environmental Quality Standards for Water (ECA in Spanish acronyms) and approved through National Decree Number 004-2017-MINAM. The statistical analysis consisted in the calculation of the central tendency, the arithmetic mean, the dispersion, as the standard deviation, the extreme values and the T test for a sample.

The test results of physical and chemical parameters, including turbidity, conductivity, temperature, pH, residual chlorine, solubles metal totals, sulfites, total water hardness and total metals: Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Y, Zn and Zr, showed that subterranean water resources are suitable for human consumption. The total sample were found to be below the MPL. On the other hand, the results for nickel and lead slightly exceed the MPL. This is shown in sample numbers 4 and 6 for nickel and 2 and 3 for lead, respectively.

The test result of microbiological parameters showed that total coliforms exceeded the MPL in all samples. In numbers 1, 2, 3 and 4 samples are shown absence of fecal coliform bacteria. However, numbers 5 and 6 samples indicate that fecal coliforms exceed the MPL in the test result. Therefore, this shows that subterranean water resources are not suitable for human consumption as displayed within the Regulation of Water Quality for Human Consumption.

**Keywords:** Water Quality, Subterranean Water Resources, Human Consumption.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la evaluación de la calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano, como se sabe el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos<sup>1</sup>.

El distrito de Vicco, conforma la provincia peruana de Pasco situada en la parte suroccidental del departamento homónimo, cuenta con un territorio de 173,3 km<sup>2</sup> de superficie y se encuentra ubicado a una altitud media de 4,114 msnm, tiene una población aproximada de 2,901 habitantes, tal como se indica el compendio estadístico de Pasco (INEI, 2017). Alrededor de un tercio de la población hace uso del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano, siendo una práctica atrayente, tanto ambiental como económicamente; si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y la deficiencia para la implementación y funcionamiento del sistema de agua potable y alcantarillado.

La investigación se realizó por el interés de conocer la calidad del recurso hídrico subterráneo que consume actualmente la población del distrito de Vicco, esto nos permite conocer mediante resultados de análisis de laboratorios realizados a las muestras de agua tomadas de pozos artesanales en la zona de estudio. Por otra parte, aportar resultados recientes de la calidad del recurso hídrico subterráneo.

---

<sup>1</sup> Resolución aprobada por la Asamblea General el 28 de julio de 2010 - 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento

La investigación se realizó con una serie de métodos de ensayo para parámetros físicos, químicos y microbiológicos utilizados por los laboratorios de ensayo. Para la recolección de muestras se usó el protocolo de procedimiento para toma de muestras de agua para consumo humano, establecidos por el (Ministerio de Salud, 2015).

El reservorio de agua subterránea en el subsuelo del distrito de Vicco, es del tipo: Acuífero Poroso No Consolidado Alta, según (Peña Laureano, 2012) es decir se encuentran en sedimentos o materiales porosos no consolidados, compuestos por: cantos, gravas arenosas, intercalaciones de grava, arena, limos y lentes de arcilla, según características del acuífero se empleó el tipo de muestra no probabilístico.

Siendo conocedora de la necesidad de los pobladores de gozar con agua de calidad sanitaria y cantidad admisible que garantice su salud y calidad de vida, presento esta tesis a fin de; evaluar la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano, dando a conocer y comparando los resultados de ensayo con los límites máximos permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

Uno de los primeros escritos precientíficos fue por un matemático iraní del siglo XI llamado Al Karayi, él tenía un lema.

*“No hay tema más hermoso ni arte más sutil y provechoso que la explotación de aguas subterráneas. Ellas son las que hacen posible el cultivo del suelo y la vida de los habitantes”.*

Elida CM



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
RECONOCIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
INTRODUCCIÓN .....	v
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	5
1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL .....	5
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	5
1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS .....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
CAPÍTULO II .....	8
MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	8
2.2 BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.....	12
2.2.1 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA .....	12
2.2.2 LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL PERÚ .....	13
2.2.2.1 La hidrogeología en el Perú. ....	14
2.2.2.2 Características de las aguas subterráneas en el Perú.....	14
2.2.2.3 Principales rocas acuíferas del territorio peruano. ....	15

2.2.2.3.1	Los acuíferos porosos no consolidados .....	15
2.2.2.3.2	Los acuíferos fisurados .....	16
2.2.2.3.3	Los acuíferos kársticos .....	17
2.2.2.3.4	Los acuíferos volcánicos sedimentarios .....	18
2.2.3	CONCEPTO DE POTABILIDAD.....	18
2.2.4	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES REGLAMENTADOS.....	20
2.2.4.1	Parámetros microbiológicos y otros organismos .....	20
2.2.4.2	Parámetros de calidad organoléptica .....	20
2.2.4.3	Parámetros inorgánicos y orgánicos .....	21
2.2.5	CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	21
2.2.6	CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	25
2.2.6.1	Métodos tradicionales de captación de agua subterránea .....	27
2.2.6.1.1	Pozos excavados.....	27
2.2.6.1.2	Galerías filtrantes.....	27
2.2.6.1.3	Zanjas de drenaje .....	27
2.2.7	USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA .....	27
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	29
2.4	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	32
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL .....	32
2.4.2	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS .....	33
2.5	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES .....	33
2.5.1	VARIABLE INDEPENDIENTE .....	33
2.5.2	VARIABLE DEPENDIENTE .....	33
2.6	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES .....	33
CAPÍTULO III .....		35
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....		35
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	35
3.2	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	35
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	37
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	37
3.4.1	POBLACIÓN:.....	37
3.4.2	MUESTRA:.....	37

3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	40
3.5.1	MATERIALES Y EQUIPOS .....	40
3.5.2	PROGRAMAS (Software) .....	41
3.5.3	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	41
3.5.3.1	Selección de parámetros .....	41
3.5.3.2	Lugar de análisis de muestras .....	42
3.5.3.3	Métodos de muestreo .....	43
3.6	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	45
3.7	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....	45
3.8	SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	46
3.9	ORIENTACIÓN ÉTICA .....	46
4	CAPÍTULO IV .....	47
	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
4.1	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO .....	47
4.2	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	50
4.2.1	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO .....	50
4.2.2	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE RESULTADOS .....	54
4.2.3	PRUEBAS T STUDENT PARA UNA MUESTRA .....	57
4.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	62
4.3.1	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS .....	62
4.3.2	NIVEL DE SIGNIFICANCIA .....	62
4.3.3	ESTIMACIÓN DEL P-VALOR .....	62
4.3.4	TOMA DE DECISIÓN .....	63
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	64
4.4.1	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOS .....	64
4.4.1.1	Turbidez .....	64
4.4.1.2	Conductividad .....	65
4.4.1.3	Temperatura (°C) .....	66
4.4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARÁMETROS QUÍMICOS .....	67
4.4.2.1	Potencial hidrogeno .....	67

4.4.2.2	Sólidos Totales Disueltos (STD).	69
4.4.2.3	Sulfatos	70
4.4.2.4	Dureza Total	72
4.4.2.5	Sodio.	73
4.4.2.6	Níquel.	75
4.4.2.7	Plomo.	76
4.4.2.8	Calcio.	79
4.4.2.9	Cobalto.	80
4.4.2.10	Magnesio.	81
4.4.2.11	Potasio.	82
4.4.2.12	Cloro, Nitratos, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Selenio, Cinc	83
4.4.2.13	Plata, Berilio, Bismuto, Fosforo, Escandio, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Wolframio, Itrio, Circonio.	85
4.4.3	DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	86
4.4.3.1	Coliformes Totales	86
4.4.3.2	Coliformes Fecales o Termotolerantes.	89
	CONCLUSIONES	92
	RECOMENDACIONES	94
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	101

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes comunes del agua subterránea y fuentes de contaminación asociadas .....	24
Tabla 2. Demanda consuntiva de agua según sector.....	28
Tabla 3. Definición Operacional de Variables e Indicadores .....	34
Tabla 4. Métodos de ensayo Parámetros Químicos .....	36
Tabla 5. Métodos de ensayo Parámetros Microbiológicos .....	36
Tabla 6. Ubicación de puntos de muestreo .....	38
Tabla 7. Resultados de análisis - Parámetros Físicos.....	51
Tabla 8. Resultados de análisis - Parámetros Químicos .....	51
Tabla 9. Resultados de análisis - Parámetros Microbiológicos.....	52
Tabla 10. Estadística Descriptiva - Parámetros Físicos .....	54
Tabla 11. Estadística Descriptiva - Parámetros Químicos .....	54
Tabla 12. Estadística Descriptiva Parámetros Microbiológicos .....	56
Tabla 13. Prueba T para una muestra - Turbidez.....	57
Tabla 14. Prueba T para una muestra - Conductividad.....	57
Tabla 15. Prueba T para una muestra - Potencial Hidrógeno .....	58
Tabla 16. Prueba T para una muestra - Sólidos Totales Disueltos.....	58
Tabla 17. Prueba T para una muestra - Dureza Total .....	59
Tabla 18. Prueba T para una muestra - Sulfatos .....	59
Tabla 19. Prueba T para una muestra - Sodio .....	60
Tabla 20. Prueba T para una muestra - Níquel.....	60
Tabla 21. Prueba T para una muestra - Plomo .....	61
Tabla 22. Prueba T para una muestra - Coliformes Totales y Fecales.....	61
Tabla 23. p - valor Parámetros Físicos.....	62
Tabla 24. p - valor Parámetros Químicos.....	62
Tabla 25. p - valor Parámetros Microbiológicos.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procesos comunes de contaminación del agua subterránea.....	22
Figura 2. Vista Satelital de ubicación de puntos de muestreo.....	38
Figura 3. Mapa Hidrogeológico de Vicco.....	39
Figura 4. Determinación de Turbidez .....	64
Figura 5. Determinación de Conductividad .....	65
Figura 6. Determinación de Temperatura .....	66
Figura 7. Determinación de pH.....	67
Figura 8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos .....	69
Figura 9. Determinación de Sulfatos.....	70
Figura 10. Determinación de Dureza Total.....	72
Figura 11. Determinación de Sodio .....	73
Figura 12. Determinación de Níquel.....	75
Figura 13. Determinación de Plomo .....	76
Figura 14. Determinación de Calcio .....	79
Figura 15. Determinación de Cobalto .....	80
Figura 16. Determinación de Magnesio .....	81
Figura 17. Determinación de Potasio .....	82
Figura 18. Determinación de Coliformes Totales .....	86
Figura 19. Determinación de Coliformes Fecales.....	89

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Dormidero de ganados, contiguos a ubicación de pozo .....	88
Fotografía 2. Letrina de hoyo, contiguo a ubicación de pozo muestreado .....	88
Fotografía 3. Letrina de hoyo y dormidero de ovinos, contiguos a pozo .....	91
Fotografía 4. Letrina de hoyo contiguo a pozo muestreado.....	91
Fotografía 5. Vista exterior de un pozo artesanal del distrito de Vicco.....	102
Fotografía 6. Toma de muestra, uso de cordón de nylon.....	102
Fotografía 7. Referenciado del punto de muestreo .....	103
Fotografía 8. Mapa Satelital del punto de monitoreo.....	103
Fotografía 9. Fijando cubierta protectora de papel kraft.....	103
Fotografía 10. Entrega de muestras al laboratorio de DIRESA-Pasco .....	103
Fotografía 11. Vista interior de pozo artesanal .....	104
Fotografía 12. Toma de muestra de parámetros de campo .....	104
Fotografía 13. Desechado del agua de enjuague de frascos de muestreo .....	104
Fotografía 14. Adición de preservantes a muestras de agua recolectada.....	104
Fotografía 15. Equipos portátiles para medición de parámetros de campo .....	104
Fotografía 16. Cooler conteniendo muestras (parámetros químicos) .....	104

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA**

El acceso a las fuentes de agua potable no es algo que disfruta todo el mundo, “alrededor de 3 de cada 10 personas, o 2100 millones carecen de acceso de agua potable y disponible en el hogar (2015), y 6 de cada 10, o 4500 millones, carecen de un saneamiento seguro”, según un nuevo informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef).

En todas las regiones del mundo, el agua es un recurso de importancia crítica para el desarrollo de actividades agrícolas, económicas e industriales que ayudan al desarrollo y sostenimiento de las sociedades modernas, según Matsuura, (2013) (...) De acuerdo a Gleik, 1993 El agua, a diferencia de otros recursos naturales, la hay en cantidad fija. Aunado a esto, la alteración de su calidad reduce el volumen disponible para uso y consumo humano, así como para el funcionamiento de diversos ecosistemas. (Espinoza, Aguilar, & Mazari, 2010).



En 90 países, el progreso hacia el saneamiento básico es demasiado lento, lo que significa que sus habitantes no alcanzarán la cobertura universal para 2030. (OMS, 2017).

En nuestro país, el crecimiento demográfico y las actividades económicas asentadas en las cuencas hidrográficas vienen afectando los recursos hídricos por el uso indiscriminado del agua, la producción y manejo inadecuado de residuos, aguas residuales y residuos sólidos y aquellos procedentes de pasivos ambientales, minería informal, entre otros; que, al ser dispuestos en los cuerpos de agua, alteran su calidad afectando los diferentes usos y afectando los ecosistemas acuáticos.

Por otro lado, el Perú alberga una vasta riqueza mineralógica, que ha permitido que ocupe lugares importantes en Latinoamérica y el mundo por su producción y potencial minero<sup>2</sup>. Dichas características contribuyen a que algunos cuerpos de agua contengan elevadas concentraciones de minerales debido a la geología de la zona que los albergan. (ANA, 2018)

La situación en el distrito de Vicco no es ajena a este problema, ya que aproximadamente un tercio de la población consume agua subterránea debido a la deficiencia para la implementación y funcionamiento del sistema de agua potable y alcantarillado, los mismos que desconocen la calidad del recurso hídrico subterráneo.

---

<sup>2</sup> MINEM. [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/INVERSION/2017/CARTERA07\\_2017.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/INVERSION/2017/CARTERA07_2017.pdf)

En el Perú, la evaluación de la calidad del agua se realiza a través de la comparación de los resultados de un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos con los valores establecidos en el ECA - Agua según la categoría del cuerpo de agua superficial correspondiente; lo que determina su cumplimiento o incumplimiento, precisando únicamente los parámetros críticos y su correspondiente concentración. (ANA, 2018)

Sobre el tema se han realizado estudios importantes como el de Curo, (2017) quien realizó la evaluación de la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno. Asimismo, Flores, (2016) Evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca. Por su parte Ortiz, (2015) realizó la evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica en aguas de pozos subterráneos del centro poblado Viñani – distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, provincia Tacna. Cutimbo (2012) realizó la investigación de la calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de la Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Otras investigaciones realizadas al respecto son la de: Láinez (2012), Belizario (2011) y The World Bank (2005).

Hasta la actualidad se han realizado numerosos estudios sobre evaluación de la calidad del recurso hídrico subterráneo en diversos ámbitos, la información sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo en el área de estudio es escasa, por lo tanto se desconoce la calidad de la misma para fines de consumo humano, por ende

repercute directa e indirectamente en la salud de la población que hace uso de este recurso vital; motivo por el cual es necesario realizar esta investigación sobre el problema existente realizando el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para determinar si estos se encuentran aptos para consumo humano.

## **1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Para delimitar la investigación vamos a establecer “donde, cuando y hasta cuanto va a investigarse” (Vara Horna, 2012). En la zona de investigación se hace uso del recurso hídrico subterráneo para consumo humano, obtenidos mediante pozos artesanales de viviendas particulares del distrito de Vicco, que se encuentra en el departamento y provincia de Pasco, cuenta con un territorio de 173,3 km<sup>2</sup> de superficie a una altitud aproximada de 4,114 msnm, está ubicado geográficamente en las coordenadas: latitud 10° 50' 28" S y longitud 76° 14' 10" W. (véase anexo Mapa de ubicación del distrito).

El espacio temporal utilizado para la presente investigación consistió en el año hidrológico 2017-2018, porque durante el mes enero de 2018 se recolectaron las muestras para evaluar parámetros químicos. Y el año hidrológico 2018-2019, porque durante el mes de mayo de 2019 se recolectaron las muestras para evaluar parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Las unidades de análisis investigados fueron seis (6) puntos de muestreo extraídos desde pozos artesanales de una población de 348 viviendas particulares (INEI, 2017).

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

¿Cuál es la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?

#### **1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

1. ¿Cuál es la calidad física del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?
2. ¿Cuál es la calidad química del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?
3. ¿Cuál es la calidad microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?

### **1.4 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Evaluar la calidad física del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.
2. Evaluar la calidad química del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.
3. Evaluar la calidad microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En la presente investigación se evaluó la calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano. (Collazo & Montaña, 2012) manifiestan que: “Desde el punto de vista hidrogeológico la calidad del agua subterránea es tan importante como la cantidad explotable. La disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente de la calidad físico química, biológica”.

En el distrito de Vicco, quienes consumen el recurso hídrico subterráneo desconocen su calidad. El presente se justifica y fundamenta en la necesidad de investigar y contar con información base y precisa sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano y determinar su estado actual, la misma que beneficiará a los consumidores de la población. Es por ello que se realizó la evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, para obtener resultados de ensayo y comparar con los valores establecidos en los límites máximos permisibles (LMP) del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, publicado mediante D.S. N° 031-2010-SA. También se empleará como referencia la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM.

## **1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Una de las limitaciones de la investigación fue la ausencia de bibliografía en la localidad, respecto a la calidad del agua subterránea en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco. Las entidades encargadas del

suministro de agua y organismos asociados al recurso hídrico no cuentan con datos del control o antecedentes de la calidad del agua subterránea del distrito de Vicco.

La investigación se limita a comparar los resultados de análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del recurso hídrico subterráneo con los límites máximos permisibles del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S. N° 031- 2010-SA). Pero, hace referencia a los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004-2017-MINAM)

Otra de las dificultades a considerar, fue el presupuesto, ya que las evaluaciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la calidad del agua requieren ser validadas por laboratorios de ensayo acreditados.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

A nivel local y regional, no se ha ubicado trabajo de investigación alguno ni aplicaciones en instituciones públicas y privadas que se relacione con el recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco – Pasco. Esto probablemente obedece a la poca investigación con respecto al recurso hídrico subterráneo, mínima coordinación y concertación entre los actores involucrados en la gestión del agua de nuestro ámbito, a pesar que contamos con los instrumentos legales que obligan a la elaboración de planes de gestión de recursos hídricos.

A nivel nacional e internacional se encuentra vasta información, a continuación, se hace referencia a los más relevantes:

(Curo, 2017) Realizó el estudio titulado “Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata – Puno, 2016”, concluye que la calidad de agua de pozos para consumo humano en cuatro parcialidades del distrito de Huata, exceden los parámetros microbiológicos. La evaluación de los principales parámetros fisicoquímicos: pH, turbiedad, temperatura, dureza total, alcalinidad, sulfatos y cloruros se encuentran dentro de los límites máximos permisibles excepto conductividad eléctrica, solidos disueltos totales, hierro, cobre exceden a los límites máximos permisibles, por lo que se indica que el agua de pozos no es de buena calidad.

(Flores, 2016) realizó el estudio titulado “Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca”, concluyó que la mayoría de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos considerados, sin ebullición, cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua subcategoría A, establecidos en el decreto supremo N° 015 – 2015 – MINAM y para los límites máximos permisible de la calidad del agua para consumo humano establecido en el decreto supremo N° 031 – 2010 – SA, a excepción de los fosfatos y coliformes totales; con ebullición en ambas zonas, los nitratos y fosfatos no cumplen.

(Ortiz, 2015) realizó el estudio titulado: “Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna 2015”, evidencio



que el 20,83 % sobrepasan los rangos normales aptos para calidad microbiológica y el 70 % del total de muestras de los pozos para calidad fisicoquímica sobrepasan los rangos normales; además, identificó y determinó la presencia de agentes contaminantes existentes en los puntos de muestreo y los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos establecidos por cada pozo subterráneo en donde los análisis obtenidos de las bacterias Heterotróficas en el PV-1 y PV-2 resultaron elevadas, se evaluó Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes del total de 24 muestras y la evaluación de pH, Turbidez, Conductividad, Nitratos, Boro, Sulfatos, Aluminio, Cloruros y Dureza total, en donde los Sulfatos, el Boro y la Dureza total se encontraron elevados del total de 20 muestras.

(Cutimbo, 2012) Realizó el estudio titulado “Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en los centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna” llegó a la conclusión que: de los 46 pozos muestreados entre los meses de abril y junio del 2012 en los que presentaron un agua no apta para el consumo humano fueron: para bacterias de recuento de bacterias heterotróficas 2%, para coliformes totales 54% y para coliformes termotolerantes 11%. De los 46 pozos muestreados 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptos para consumo humano; 25 (54%) no aptos.

(Lainez, 2012) Realizó el estudio titulado “Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carneza, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel” determinó que el 100% de las muestras de agua de pozos analizadas no cumple con los límites máximos permisibles que

especifica la norma NSO 13.07.01:08 Agua. Agua Potable. Por tanto, el agua de pozos de la colonia La Carmenza no es apta para el consumo humano desde el punto de vista microbiológico.

(Belizario, 2011) Realizó el estudio titulado “Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunidad Carata del distrito de Coata” En líneas generales concluyo que el 25% de las muestras son buenas (aptas), el 25% de las muestras es regular y el 50% de las muestras es deficiente (mala) y los elementos que exceden los valores permitidos en las muestras como la dureza, alcalinidad y cloruros esto es debido a la formación hidrogeológica de la zona y asimismo se ven afectados por la contaminación biológica con coliformes fecales (bacterias), debido a la inadecuada ubicación y limitado acceso a letrinas sanitarias (ecológicas), heces de origen animal y humano cercanas a las fuentes de suministro.

(The World Bank, 2005) Informa en una colección de casos esquemáticos, Kenia: El Papel del Agua Subterránea en el Abastecimiento de Agua del Gran Nairobi, citan sobre la Calidad Natural del Agua Subterránea. Existen datos bastante consistentes en varios reportes, que demuestran una buena calidad natural del agua subterránea, alcanzando los estándares para agua potable en la mayoría de los parámetros, con la excepción del fluoruro cuyas concentraciones a menudo exceden 1 mg/l.

## **2.2 BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS**

### **2.2.1 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

(Custodio Gimena & Llamas Madurga, Hidrología Subterránea, 1983) El agua pura no existe en la naturaleza, por lo que su definición teórica como combinación química de oxígeno e hidrogeno no puede extenderse al estado en que se encuentra habitualmente.

Sin duda alguna, el agua es el solvente más abundante, y es capaz de incorporar gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales circula.

Las aguas subterráneas tienen una mayor oportunidad de disolver materiales por las mayores superficies de contacto, lentas velocidades de circulación y mayores presión y temperatura a las que están sometidas y facilidad de disolver CO<sub>2</sub> del suelo no saturado. Por ello, sus concentraciones salinas son superiores a las de las aguas superficiales, en general.

Estas mismas condiciones físicas a que se hallan sometidas las aguas subterráneas suponen asimismo una reducción de las materias en suspensión y de la materia orgánica, debido esta última a la acción de los propios microorganismos del terreno.

La calidad de agua queda definida por su composición, y el conocimiento de los efectos que puede causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos, permite establecer las posibilidades de su utilización, clasificando así, de acuerdo con límites estudiados, su destino para bebida, usos agrícolas, industriales, etc. Dentro de cada uno de estos grupos existen usos específicos, lo que supone otras clasificaciones y nuevos campos de aplicación.

El agua subterránea, según (López, Fornés, Ramos, & Villarroya, 2009) Es el agua existente bajo la superficie del terreno. En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la Naturaleza, merced a la recarga.

Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos).

### **2.2.2 LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL PERÚ**

(Peña Laureano, 2012) Cuando hablamos de problemas de abastecimiento de agua pensamos generalmente en ríos secándose, en lagos disminuidos o en glaciares derritiéndose. Sin embargo, muchos ignoramos que bajo nuestros pies existe un inmenso potencial en aguas subterráneas que puede ser aprovechado. Desconocer esto constituye un problema que el INGEMMET intenta solucionar a través de estudios hidrogeológicos que contribuyan a una mejor gestión del agua en el país.

La gran mayoría de aguas subterráneas son de calidad para ser usadas en consumo humano y riego, su composición química depende del ambiente y tiempo de circulación en las rocas y suelos permeables, de donde adquiere sus componentes físicos y químicos. Para entender mejor el funcionamiento, el ambiente de formación, la circulación y acumulación de aguas subterráneas en un reservorio

acuífero, en el Perú y el mundo se ha desarrollado con máximo interés la especialidad de hidrogeología.

#### ***2.2.2.1 La hidrogeología en el Perú.***

La hidrogeología en el Perú comenzó en el año 1957 con un grupo reducido de investigadores y el apoyo de la United States Geological Survey. Se realizaron los primeros estudios hidrogeológicos en la parte central y norte de la costa peruana, determinando las principales características de acuíferos costeros principalmente en Lima, Chiclayo y Chancay. En 1961, el ex Ministerio de Fomento y Obras Públicas, constituyó la Comisión Nacional de Aguas Subterráneas, contando con el apoyo de la cooperación francesa. Durante los años 1962-1966, desarrollaron programas de prospección hidrogeológica en acuíferos porosos no consolidados en varios valles de la costa peruana. Este trabajo puso en evidencia dos grandes reservorios: el acuífero de las pampas de Villacurí, interconectado con el valle de Ica (Región Ica), y el acuífero la Yarada, ubicado en la cuenca del río Caplina (Región Tacna).

#### ***2.2.2.2 Características de las aguas subterráneas en el Perú.***

Las tres regiones naturales que tiene el territorio peruano, costa sierra y selva, tienen características muy variadas y que interactúan de forma dispareja con los recursos hídricos, especialmente con el agua subterránea. El gran condicionante de la disponibilidad hídrica superficial y subterránea en el territorio peruano es la Cordillera de los Andes, que se extiende de noroeste a sur este, casi paralela a la costa del Pacífico, constituyendo uno de los sistemas montañosos más grandes del mundo. Se originó durante el periodo cretácico, cuando la placa de Nazca inició la subducción por debajo de la placa Sudamericana, las fuerzas tectónicas que

generaron esta colisión, desencadenaron erupciones volcánicas, terremotos, etc., que elevaron los Andes durante más de 28 millones de años.

En general, los reservorios de aguas subterráneas en el subsuelo peruano se encuentran formando sistemas definidos por rocas y sedimentos que tienen condiciones geológicas similares y propiedades para almacenar y transmitir agua subterránea. La predominancia de rocas reservorio de aguas subterráneas a nivel del territorio peruano lo denominamos dominios hidrogeológicos.

### ***2.2.2.3 Principales rocas acuíferas del territorio peruano.***

#### ***2.2.2.3.1 Los acuíferos porosos no consolidados***

Se encuentran en sedimentos o materiales porosos no consolidados, generalmente están compuestos por cantos, gravas arenosas, intercalaciones de grava, arena, limos, lentes de arcilla, etc. En la selva, tiene grandes extensiones y engloban varios tipos de acuíferos; son extensos, irregulares, discontinuos, del tipo semiconfinado, confinado y libre, donde poseen potenciales reservas de aguas subterráneas. En la costa, se ubican en los valles, cubriendo casi todo el piso; son continuos, de productividad elevada; la mayor parte de la explotación actual, se producen mediante sondajes verticales y/o pozos. En la sierra se presentan en depósitos puntuales; en las altiplanicies y en pisos de valle, su espesor es muy variable y discontinuo, debido a la irregularidad del relieve en el basamento, que condiciona sus reservas. La explotación de aguas subterráneas de acuíferos porosos no consolidados se realiza mediante pozos o sondeos verticales, aunque en sectores de la costa se observan esporádica presencia de manantiales.

#### 2.2.2.3.2 *Los acuíferos fisurados*

Almacenan aguas subterráneas en las fisuras, fracturas y fallas de las rocas sedimentarias y volcánicas. La geometría de estos acuíferos depende de la densidad de fracturas, espacio abierto de fractura e intensidad en las rocas y el espesor de las formaciones geológicas. Los puntos de surgencia de agua subterránea a superficie evidencian la presencia de acuíferos fisurados; los manantiales que afloran a superficie se encuentran condicionados por fallas, rocas impermeables y fracturas.

Los acuíferos fisurados normalmente se encuentran en la parte alta de la Cordillera de los Andes (sobre los 2800 msnm). Son locales, discontinuos y moderadamente productivos. En muchas regiones de la sierra, como el valle del Cusco, se han captado aguas subterráneas de estos acuíferos, mediante galerías filtrantes. La actividad minera ubicada en la Cordillera de los Andes, con sus perforaciones y tajos abiertos, ha puesto en evidencia la magnitud e importancia de los acuíferos fisurados. En ocasiones el yacimiento metálico se encuentra en rocas acuíferas, por lo que es importante el trabajo de drenaje minero.

Las aguas subterráneas en las fisuras de las rocas, se encuentran en la zona de meteorización. Estas, mismas, junto a la cobertura vegetal y el tipo de vegetación, condicionan el régimen de las aguas subterráneas. Esta condición es variable dependiendo del tipo de roca (volcánicas, sedimentarias, etc.). La gran mayoría de estos acuíferos en el Perú, son los ambientes de formación de las aguas termales y minerales, principalmente de dos tipos: una de circulación en las fracturas que por cercanía a una fuente de calor (cámara magmática de un volcán) aumentan considerablemente su temperatura; y otras por circulación profunda donde el grado

geotérmico de la tierra aumenta progresivamente la temperatura de las aguas subterráneas en profundidad.

#### 2.2.2.3.3 *Los acuíferos kársticos*

En los materiales calcáreos o acuíferos kársticos, las aguas subterráneas circulan a través de las cavernas o karst formados por procesos de dilución. El agua que circula en superficie se infiltra por las fracturas, y va desgastando los carbonatos hasta formar cavernas o karst. Las formaciones geológicas que han sufrido estos procesos son principalmente las calizas y, en menor grado, las evaporitas (yesos, sales, etc.). Son acuíferos generalmente extensos de productividad elevada, pero condicionada por la precipitación. Manifestaciones de estos acuíferos se observan en el centro y norte de la Cordillera de los Andes, principalmente en la cadena oriental. En la zona norte y nororiente del Perú, las calizas kársticas son extensas, tienen mayor zona de alimentación y recarga; la lluvia es abundante, por lo tanto, estos acuíferos tienen gran aporte de aguas subterráneas que drenan a los ríos ubicados en la vertiente del Atlántico.

En la parte central, se han conocido numerosas cavernas y dolinas ubicadas en calizas de las formaciones Jumasha y Celendín, las cuales presentan importante producción de aguas subterráneas que surgen en contacto con materiales impermeables. En la zona sur, los afloramientos de rocas calcáreas son limitadas debido a la gran cobertura volcánica y volcánico-sedimentaria que existe en el altiplano; sin embargo en las cabeceras de los ríos Apurímac, Vilcanota y otros, las formaciones Yuncaypata, Copacabana, Ferrobamba y Pucara tienen manifestaciones de ser muy buenos acuíferos, poseen manantiales con buenos caudales, que en época de lluvias constituyen el caudal base de los ríos; mientras



que en época de estío baja considerablemente su producción, concluyendo que los acuíferos kársticos son intermitentes.

#### *2.2.2.3.4 Los acuíferos volcánicos sedimentarios*

Las rocas volcánicas son producto de la solidificación de un magma en un punto cercano a la superficie de la tierra, o son el producto de una expulsión violenta de magma y gas hacia la atmosfera, y que al depositarse en el terreno se adecuan a los sedimentos preexistentes, en muchos casos son cuerpos vulcano-sedimentarios. Tienen carácter poroso, fisurado y una mezcla de ambas; son acuíferos extensos moderadamente productivos, y se ubican en el sur del Perú cubriendo gran parte de del altiplano peruano, muy cerca de volcanes antiguos y recientes. Los acuíferos porosos volcánicos se ubican en los depósitos formados por la acumulación de grandes bloques de roca volcánica y en sectores donde los piroclastos tienen alta porosidad (> a 40 %). Los acuíferos fisurados volcánicos se ubican generalmente en flujos de lava del Grupo Barroso (Foto 6). Existen también depósitos volcánicos del cuaternario compuesto por grandes bloques de roca, conocida como flujos de lava en bloques (Ej. Sector Andahua, valle de los Volcanes). Los depósitos volcánicos más antiguos poseen horizontes permeables (generalmente en lapilli y piroclastos porosos) que se hallan confinados por estratos impermeables (cenizas, arcillas, etc.) formando numerosos acuíferos confinados o multicapa. Se les conoce en el sur del Perú como acuíferos de la Formación Capillune.

### **2.2.3 CONCEPTO DE POTABILIDAD**

(Custodio Gimena & Llamas Madurga, Hidrología Subterránea, 1983) El estudio de la calidad del agua destinada a ser consumidas por el hombre ha sido, y es, de

primordial importancia, interviniendo en el mismo muchos factores que pueden afectarla, ya sea de manera inmediata o diferida.

De modo general, se denomina potable a aquella agua que puede ser consumidas por el hombre sin peligro alguno para su salud. Ello supone tener en cuenta las distintas características del agua, ya sean físicas, químicas, bacteriológicas, etc., definiendo criterios de calidad para cada una de ellas.

La aparición y evolución de reglamentaciones que limitan la utilización del agua para la bebida, han seguido pasos que la investigación ha ido desarrollando y que se extiende no solo a los efectos que los distintos elementos puedan tener en el organismo humano, sino también a los sistemas de análisis que permiten su determinación precisa e inequívoca.

La tendencia mundial es a la normalización de las reglamentaciones existentes, no solo en lo que atañe a la fijación de unos límites admisibles de las características del agua, sino también en lo referente a los sistemas de toma de muestras, frecuencia de las mismas y métodos de análisis a utilizar.

Los criterios usuales para dictaminar acerca de la potabilidad de un agua son el químico y el bacteriológico. Así se puede afirmar la potabilidad química cuando las concentraciones de sus elementos satisfagan las condiciones fijadas para ellos y la potabilidad bacteriológica cuando, estando el agua exenta de bacterias patógenas, los resultados de los diversos análisis de este tipo a que se la someta sean satisfactorios.

Ambos criterios pueden ser excluyentes por separado, aunque los efectos sobre el hombre sean diferentes: casi inmediatos en aguas bacteriológicamente impotable, y diferidos en las químicamente no potables.

#### **2.2.4 LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES REGLAMENTADOS**

(Decreto Legislativo N° 1055, 2008) Es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción serán establecidos por dicho Ministerio. (Ministerio de Salud, 2015) Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua para consumo humano.

##### ***2.2.4.1 Parámetros microbiológicos y otros organismos***

(Ministerio de Salud, 2010) Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo II, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

##### ***2.2.4.2 Parámetros de calidad organoléptica***

(Ministerio de Salud, 2010) El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el Plan de Control,

correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente trabajo de investigación.

#### **2.2.4.3 Parámetros inorgánicos y orgánicos**

(Ministerio de Salud, 2010) Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo II del presente trabajo de investigación.

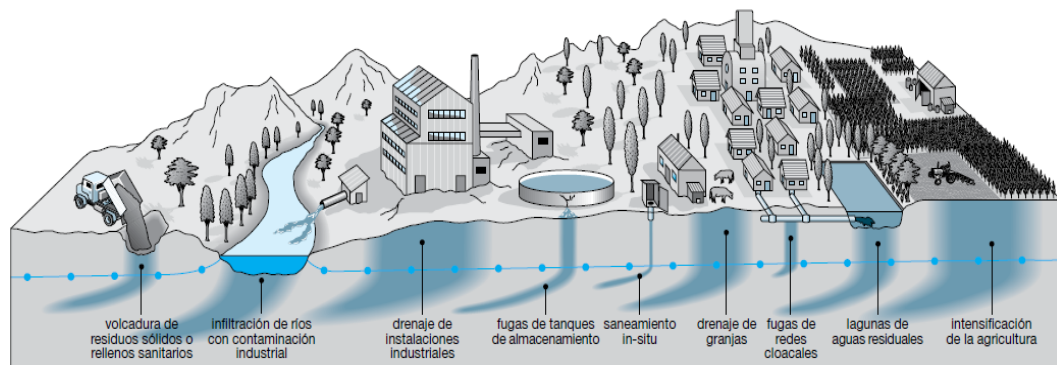
#### **2.2.5 CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

(Foster, Hirata, Gomes, D'Elia, & Paris, 2002) Las aguas subterráneas se originan principalmente por exceso de precipitación que se infiltra directa o indirectamente en la superficie del suelo. Como consecuencia, las actividades humanas en la superficie pueden constituir una amenaza a la calidad del agua subterránea. La contaminación de los acuíferos ocurre cuando la carga de contaminantes sobre el subsuelo generado por descargas o lixiviado de actividades urbanas, industriales, agrícolas o mineras no es controlada adecuadamente, y en ciertos componentes excede la capacidad natural de atenuación del subsuelo y estratos supra yacentes.

Los perfiles naturales del subsuelo atenúan muchos contaminantes en forma activa, e históricamente han sido considerados potencialmente eficaces para la disposición segura de excretas humanas y aguas residuales domésticas. La autoeliminación de contaminantes durante el transporte subterráneo en la zona vadosa (no saturada) es el resultado de la degradación bioquímica y de la reacción

química, pero los procesos de retardo de contaminantes por fenómenos de adsorción son igualmente importantes, ya que aumenta el tiempo disponible para los procesos que conducen a su eliminación.

Sin embargo, no todos los perfiles del subsuelo y estratos subyacentes son igualmente eficaces en la atenuación de contaminantes, y los acuíferos son particularmente vulnerables a la contaminación cuando, por ejemplo, se encuentran rocas consolidadas altamente fisuradas. El grado de atenuación también variará ampliamente según el tipo de contaminante y el proceso de contaminación en un ambiente determinado (véase Figura 1).



Fuente: (Foster, Hirata, Gomes, D'Elia & Paris, 2002)

### **Figura 1. Procesos comunes de contaminación del agua subterránea**

La preocupación sobre la contaminación del agua subterránea se refiere principalmente a los acuíferos no confinados o freáticos, especialmente donde su zona no saturada es delgada y el nivel freático es poco profundo, pero un peligro de contaminación significativo puede estar presente también en los acuíferos semiconfinados, si las capas acuitardas confinantes son relativamente delgadas y permeables.

La tabla 1 presenta un resumen de los tipos más comunes de actividades capaces de ocasionar contaminación del agua subterránea significativa y los componentes

contaminantes encontrados con mayor frecuencia. Es importante reconocer que éstos difieren de los que generalmente contaminan las aguas superficiales, consecuencia de los diferentes controles que gobiernan la movilidad y persistencia de los contaminantes en los respectivos sistemas hídricos.

Es igualmente importante resaltar que a menudo determinadas actividades (y procesos específicos o prácticas adicionales dentro de tales actividades) representan amenazas desproporcionadas a la calidad del agua subterránea. Por ello la adopción de una serie de medidas de control de la contaminación claramente enfocadas y bien afinadas puede resultar en grandes beneficios a un costo relativamente modesto.

La actividad humana en la superficie del terreno modifica los mecanismos de recarga de los acuíferos e introduce otros nuevos, cambiando la distribución, frecuencia, tasa y calidad de la recarga del agua subterránea. Esto se da especialmente en climas áridos, pero también ocurre en regiones más húmedas. La comprensión de estos mecanismos y el diagnóstico de tales cambios resultan críticos para la evaluación del peligro de contaminación del agua subterránea.

El movimiento del agua y transporte de contaminantes desde la superficie del suelo a los acuíferos puede ser, en muchos casos, un proceso muy lento. Puede tomar años o décadas antes que el impacto de un episodio de contaminación (por contaminantes persistentes) resulte evidente en un suministro de agua, especialmente en casos de pozos profundos. Este factor puede simultáneamente traer aparejado un gran beneficio y un grave problema debido a que:

- da tiempo suficiente para la descomposición de contaminantes degradables
- puede favorecer una actitud complaciente ante la probabilidad de penetración de contaminantes persistentes.

**Tabla 1. Contaminantes comunes del agua subterránea y fuentes de contaminación asociadas**

<b>FUENTE DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>TIPO DE CONTAMINANTE</b>
Actividad Agrícola	Nitratos; amonio; pesticidas; organismos fecales
Saneamiento in situ	Nitratos; hidrocarburos halogenados; microorganismos
Gasolineras y Garajes	Hidrocarburos aromáticos; benceno; fenoles; hidrocarburos halogenados
Disposición de Residuos Sólidos	Amonio; salinidad; hidrocarburos halogenados; metales pesados
Industrias Metalúrgicas	Tricloroetileno; tetracloroetileno; hidrocarburos halogenados; fenoles; metales pesados; cianuro
Pintura y Esmaltes	Alcalobenceno; hidrocarburos halogenados; metales; hidrocarburos aromáticos; tetracloroetileno
Industria Maderera	Pentaclorofenol; hidrocarburos aromáticos; hidrocarburos halogenados
Tintorerías	Tricloroetileno; tetracloroetileno
Manufactura de Pesticidas	Hidrocarburos halogenados; fenoles; arsénico
Disposición de Lodos Residuales Domésticos	Nitratos; hidrocarburos halogenados; plomo; cinc
Curtidurías	Cromo; hidrocarburos halogenados; fenoles
Exploración/Extracción de Gas y Petróleo	Salinidad (cloruro de sodio); hidrocarburos aromáticos
Minas de Carbón y de Metales	acidez; varios metales pesados; hierro; sulfatos

Fuente: (Foster, Hirata, Gomes, D'Elia & Paris, 2002)

La implicancia es también que una vez que la calidad del agua se ha deteriorado notoriamente, grandes volúmenes del acuífero estarán normalmente involucrados. Las medidas de limpieza, por lo tanto, casi siempre tienen un alto costo económico y a menudo son problemáticas desde el punto de vista técnico.

## **2.2.6 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

(Esteller, Morell, & Galárraga, 2005) La necesidad del hombre por cubrir sus demandas de agua lo ha condicionado a que realice obras para poder hacer uso de ella, sobre todo en aquellas regiones en las que el agua superficial es escasa. Se ha podido constatar que 700 años antes de Cristo, en Armenia y Persia se construían galerías (kanats) para captar agua del subsuelo, y que aún existen.

A partir de este punto, y a medida que avanzaba la ciencia y la tecnología, el hombre ha sido capaz de captar agua a profundidades cada vez mayores, lo que le ha permitido cubrir las demandas de agua de la población (aquellas relacionadas con el propio abastecimiento humano y para cubrir las necesidades del sector industrial, agrícola y ganadero, que siempre han sido ascendentes a través de los años).

Estas profundidades de captación teóricamente pueden ser muy importantes, y llegar incluso a kilómetros; no obstante, y por razones fundamentalmente económicas, las captaciones de agua subterránea no suelen superar los 500 metros de profundidad.

Para continuar con el tema, primero habría que definir qué es una captación. Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda específica.

La elección del tipo de captación vendrá condicionada en esencia por los siguientes factores:

- a) características hidrogeológicas del sector
- b) características hidrodinámicas del acuífero que se va a captar.



- c) caudal de agua requerido.
- d) distribución temporal de la demanda
- e) coste de las instalaciones de explotación y mantenimiento de la captación.

Normalmente lo que se intenta a la hora de llevar a cabo una captación, es conseguir un equilibrio entre los aspectos técnicos y económicos.

Los criterios para ubicar una captación se definen en el marco de un estudio o investigación hidrogeológica, por lo cual un estudio de esta naturaleza debe contener información sobre los siguientes puntos:

- Demanda actual y a futuro (volúmenes requeridos de explotación).
- Permanencia de los volúmenes de agua a medio y largo plazo, por lo que es necesario efectuar previsiones sobre el comportamiento a futuro del acuífero.
- Calidad del agua a captar.
- Permanencia de la calidad del agua, estudiando la posible alteración de la calidad por presencia de elementos externos.
- Elección del tipo de captación
- Evaluación de las diferentes alternativas posibles de captación (costos, permisos, conducciones)
- Garantía de éxito de la alternativa escogida.
- Posibilidades de delimitar perímetros de protección.
- Aspectos sociales.

### ***2.2.6.1 Métodos tradicionales de captación de agua subterránea***

#### ***2.2.6.1.1 Pozos excavados.***

(De Bustamante, Corvea, & Sanz, 2005) Consiste en una obra de excavación del terreno hasta alcanzar la capa de materiales permeables saturada en agua, que puede continuarse hasta alcanzar una capa impermeable. La sección o forma de los pozos es generalmente circular o elíptica, aunque en algunos casos puede ser rectangular o cuadrada. Estos pozos se excavan a mano con pico y pala o con perforación y voladuras. El material es retirado con un torno o aparato elevador.

#### ***2.2.6.1.2 Galerías filtrantes.***

Es una excavación subhorizontal en el terreno. Puede perforarse desde un talud en materiales permeables, con su muro situado en materiales impermeables, o a través de pozos que alcancen la zona saturada y uniéndolos mediante galerías (ver, figura III.4.2). Los métodos de excavación de las galerías son los mismos que en los pozos, pero en la actualidad se utilizan minadores y topos para su realización, por lo que su rendimiento de penetración es muy superior a los manuales.

#### ***2.2.6.1.3 Zanjas de drenaje***

Son excavaciones superficiales de gran longitud y altura variable que se utilizan para drenar los acuíferos superficiales. En el fondo se colocan tubos filtrantes, hasta un pozo colector.

### **2.2.7 USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA**

(ANA, 2014) El Perú cuenta con 159 unidades hidrográficas superficiales distribuidas en las tres (3) vertientes: Pacífico con 62 unidades, Amazonas con 84 unidades y Titicaca con 13 unidades. En el 1 285 215,6 km<sup>2</sup> del territorio nacional

se extiende longitudinalmente la cordillera de los Andes que alberga 71 % de los glaciares tropicales de los Andes centrales de América del Sur, con una cobertura de 0,12 % de la superficie del país, y dan origen a 12 201 lagunas y a más de 1 007 ríos. Estas aguas superficiales, además de las aguas subterráneas y el mar, conforman los recursos hídricos del Perú. Cuya demanda consuntiva total corresponde a 26080.71hm<sup>3</sup>/año, la cual se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2. Demanda consuntiva de agua según sector**

<b>DEMANDA DE AGUA (hm<sup>3</sup>/año)</b>	
<b>USO</b>	<b>Volumen</b>
<b>Agrícola</b>	23165.78
<b>Poblacional</b>	2319.72
<b>Industrial</b>	249.38
<b>Mínero</b>	272.53
<b>Pecuario</b>	49.82
<b>Recreativo</b>	22.45
<b>Turístico</b>	1
<b>TOTAL</b>	26080.71

Fuente: Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos (DGCRG)-ANA

A junio de 2012, el Perú tuvo una población aproximada de 30 135 875 de hab.<sup>3</sup>, con una población económica activa PEA ocupada de 15 541 484 habitantes; donde el producto bruto interno (PBI) mostró un notable crecimiento de 6,3% al 2012; siendo el sector construcción el de mayor crecimiento con 15,2%; otros servicios 7,2%; comercio 6,7%; electricidad y agua 5,2%; agropecuario 5,1%; minería e hidrocarburos 2,2%, y manufactura 1,3%<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> INEI 2012. Boletín Especial N° 22 Estimaciones y proyecciones de población departamental 1995-2025.

<sup>4</sup> BCR Boletín informativo N° 8 22 febrero 2013

A nivel nacional, el 85 % de hogares cuenta con agua potable, el 77,1% cuenta con algún sistema de alcantarillado (51 Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento (EPS) atendiendo a 65% de zonas urbanas del país), solo el 32,7% de las aguas residuales reciben tratamiento<sup>5</sup>. Se descargan un volumen total de 809 550 294 m<sup>3</sup> de aguas residuales al alcantarillado administrado por las EPS; de los cuales 438 834 348 m<sup>3</sup> se generan en Lima Metropolitana cifra que representa el 52% del total.<sup>6</sup>

### 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Agua de consumo humano:** (World Health Organization, 2017) El agua de consumo humano se requiere para todos los usos domésticos habituales, incluida el agua para beber, para la preparación de alimentos y para la higiene personal.
- **Agua subterránea:** (Werner, 1996) El agua subterránea es toda el agua debajo de la superficie de la tierra que actualmente participa en el ciclo hidrológico o que está almacenada de tal modo que puede entrar nuevamente en este ciclo.
- **Análisis físico, químico del agua:** (Ministerio de Salud, 2015) Son aquellos procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para evaluar sus características físicas, químicas o ambas.
- **Análisis microbiológico del agua:** (Ministerio de Salud, 2015) Son los procedimientos de laboratorio que se efectúan a una muestra de agua para

---

<sup>5</sup> SUNASS 2011

<sup>6</sup> Las EPS y su desarrollo 2012, Gerencia de Supervisión y fiscalización SUNASS

consumo humano para evaluar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.

- **Aptitud:** (Auge, 2008) La aptitud de un recurso natural, en este caso del agua subterránea, depende de su calidad y también de la disponibilidad y productividad respecto del uso requerido. Así por ejemplo un acuífero de baja salinidad resulta inapto para regar, si tiene baja productividad, lo que deriva en pozos de muy escaso caudal.
- **Cadena de custodia:** (Ministerio de Salud, 2015) Proceso por medio del cual se mantiene una muestra bajo las condiciones que aseguren su idoneidad para el ensayo, es decir, desde que se toma la muestra de agua hasta que se desecha.
- **Calidad bacteriológica del agua:** (SUNASS, 2004) Características del agua referidas a la presencia de colonias de coliformes totales, termotolerantes (fecales) y bacterias heterotróficas.
- **Coliformes:** (Ministerio de Salud, 2015) Bacterias gram negativas que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas en un plazo de 24 a 48 horas. Son anaerobias facultativas, oxidada negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano.
- **Cloro residual libre:** (Ministerio de Salud, 2015) Concentración de cloro presente en el agua de consumo humano, en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito, para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

- **Estándar de Calidad Ambiental – ECA:** (Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, 2005) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.
- **Indicador:** (SUNASS, 2004) Índice o cifra verificable que expresa una proporción cuantitativa, la cual mide un resultado técnico, económico o financiero. Un indicador permite deducir en qué medida se han alcanzado los objetivos y/o metas establecidas.
- **Monitoreo de calidad de agua:** (ISM, 2016) Las principales razones para el establecimiento de programas de monitoreo de la calidad del agua tienen que ver con la necesidad de verificar si la calidad del recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático y como éste se ve afectado por el vertido de contaminantes originados por actividades humanas y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a las masas de agua. Los resultados de estos monitoreos se suelen analizar mediante el uso de indicadores.
- **Muestra de agua:** (Ministerio de Salud, 2015) Volumen de agua representativa para ser analizada según requerimiento de laboratorio o del

método de ensayo específico en puntos del sistema de agua potable, en forma aleatoria (en relación con el momento y emplazamiento)

- **Parámetro de campo:** (Ministerio de Salud, 2015) Son indicadores o valores de las medidas físicas químicas realizadas en un punto de la toma de muestra, siendo estos la temperatura, conductividad, pH, cloro residual y turbiedad.
- **Parámetros microbiológicos:** (Ministerio de Salud, 2015) Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano, analizados en el agua para consumo humano.
- **Pozo.** Perforación hecha por la mano del hombre para explotar el agua subterránea.
- **Uso consuntivo del agua:** (ANA, 2014) aquellos usos que extraen el agua de la fuente natural y no son devueltas; el agua se incorpora al ciclo hidrológico, en cualquier etapa, por ejemplo, el agua de la evaporación o evapotranspiración, filtración y percolación.

## 2.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

### 2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, cumplen con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles (LMP).

## **2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS**

1. Los parámetros físicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.
2. Los parámetros químicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.
3. Los parámetros microbiológicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.

## **2.5 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES**

$$Y = f(X)$$

### **2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles (LMP).

### **2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.

## **2.6 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES**



**Tabla 3. Definición Operacional de Variables e Indicadores**

<b>Variabes</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<i>Independiente</i>  Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles (LMP).	(ANA, 2018) Parámetros de calidad de agua: La calidad puede verse afectada por sustancias que al alcanzar ciertas concentraciones podrían ser dañinos a los organismos (humanos, plantas y animales) o exceder un ECA.	Se tomaron muestras de agua de pozo en frascos PET, de 1000 ml de volumen, se añadió preservantes.	LMP/Parámetros físicos	Concentración de sustancias físicas.
	(D.L. N° 1055, 2008) LMP: es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.	Se tomaron muestras de agua de pozo en frascos de vidrio esterilizados de 500 ml de volumen.	LMP/Parámetros químicos	Concentración de sustancias químicas
			LMP/Parámetros microbiológicos	Presencia de microorganismos en el cultivo
<i>Dependiente</i>  La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.	(Collazo & Montaña, 2012) La calidad del agua es definida por su composición y por el conocimiento de los efectos que pueden causar sus constituyentes. El conjunto de todos los elementos que la componen permite establecer patrones de calidad de agua, clasificándola así de acuerdo con los límites establecidos y los usos para la que es apta.	Determinación de parámetros físicos.	Parámetros físicos.	Turbiedad Conductividad pH Dureza total Cloro residual
		Determinación de parámetros químicos.	Parámetros químicos.	STD Sulfatos Nitratos Metales totales
		Determinación de parámetros microbiológicos.	Parámetros microbiológicos.	Coliformes totales Coliformes fecales

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es el No Experimental, se realiza sin manipular deliberadamente las variables, se evaluó la calidad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco – Pasco, pero es sistémica y empírica porque ya han sucedido, es decir las inferencias sobre las relaciones entre variables se realiza sin intervención o influencia directa. De acuerdo a (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

#### **3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

Para el presente estudio se utilizaron métodos de ensayos para parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los laboratorios de ensayo: Servicios Analíticos Generales S.A.C y el laboratorio de control ambiental de la Dirección Regional de Salud – Pasco (DIRESA-Pasco).

Los métodos de investigación se detallan en las tablas 4 y 5 respectivamente:

**Tabla 4. Métodos de ensayo Parámetros Químicos**

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Sólidos disueltos totales (TDS)	SM 2540 C. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.
Sulfatos	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E. Sulfate. Turbidimetric Method.
Dureza Total	SM 2340 C. Hardness. EDTA Titrimetric Method.
Nitratos	SM 4500 NO <sub>3</sub> B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.
Metales Pesados (Aluminio, Antimonio, Arsenico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Níquel, Fosforo, Plomo, Escandio, Selenio, Estaño, Estroncio, Plata, Titanio, Talio, Vanadio, Wolframio, Itrio, Cinc, Zirconio)	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry. 1994.

Fuente: Laboratorio de ensayo Servicios Analíticos Generales

**Tabla 5. Métodos de ensayo Parámetros Microbiológicos**

<b>DETERMINACIÓN</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Determinación de coliformes totales	Procedimiento de análisis de coliformes por filtro de membrana: basado en el estándar Method for the examination of wáter and wastewater. 21 th Edition 2005 parte 9222B y 9222D
Determinación de coliformes fecales o termotolerantes	Procedimiento de análisis de coliformes por filtro de membrana: basado en el estándar Method for the examination of wáter and wastewater. 21 th Edition 2005 parte 9222B y 9222D

Fuente: Laboratorio de control ambiental DIRESA PASCO

### **3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de investigación fue no experimental del tipo transeccional. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlas, según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010). Los diseños transeccionales tienen la ventaja de que se basan en la observación de objetos de investigación tal como existe en la realidad, sin intervenir en ellos ni manipularlas, (Sierra Bravo, 2003).

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.4.1 POBLACIÓN:**

Para la presente investigación se tomó como población 348 viviendas particulares del distrito de Vicco, quienes cuentan con pozos artesanales como fuente de abastecimiento para consumo humano (INEI, 2017).

#### **3.4.2 MUESTRA:**

Se realizó el tipo de muestreo No Probabilístico Convencional, según (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010), “es su utilidad para determinados diseños de estudio que requieren no tanto una representatividad de elementos de una población”.

Siendo utilizado para esta investigación por el tipo de acuífero en la zona de estudio: *Acuífero Poroso No Consolidado Alta* (véase figura 3 y anexo Mapa Hidrogeológico del distrito de Vicco - Pasco), se determinó seis (6) viviendas particulares que cuentan con pozos artesanales (véase tabla 6).

**Tabla 6. Ubicación de puntos de muestreo**

Punto de muestreo		Coordenadas UTM		Altitud msnm
Código	Descripción	Este	Norte	
Muestra N° 1	Jr. Simón Bolívar S/N	364849.6	8802001.4	4108
Muestra N° 2	Jr. 3 de mayo S/N	364917.9	8801860.1	4102
Muestra N° 3	Jr. Arequipa S/N	364893.7	8801133.2	4096
Muestra N° 4	Av. 22 de junio S/N	364628.4	8800823.1	4100
Muestra N° 5	Av. Lima N° 470	364466.3	8801314.9	4126
Muestra N° 6	Jr. Ricardo Palma S/N	364216.4	8801530.2	4100



Fuente: Google Maps

**Figura 2. Vista Satelital de ubicación de puntos de muestreo**



### **3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Cámara digital.
- GPSmap 76CS x Garmin.
- Equipo portátil: Medidor multiparámetro portátil HANNA modelo HI 9828.
- Materiales de escritorio:
- Muestreadores:
  - Frascos de vidrio de 500 ml con tapa rosca, esterilizadas.
  - Frascos de plástico de 1 litro con tapa rosca para análisis fisicoquímicos, metales y metaloides.
- Preservante para muestras: ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ).
- Preservante para muestras: ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ).
- Guantes descartables.
- Cooler e Ice pack.
- Equipos y materiales de laboratorio para análisis físicos, químicos y microbiológicos:
  - Equipos y materiales: Incubadora, Horno, Balanza analítica, Destilador de agua, Equipo de filtración de membrana, Estufa, Bomba al vacío, Baño de María, Refrigeradora, Autoclave, Contador de colonias, Tubos Nessler (capacidad: 50 ml), Erlenmeyer (capacidad: 300 ml), Probeta (capacidad: 100 ml), Vasos de precipitación (capacidad: 250 ml), Fiola (capacidad: 250 ml), Pipeta

(capacidad: 10 ml), Bureta (capacidad: 10 ml), Placas Petri (capacidad: 55 mm de diámetro y 14,2 mm de altura), Capsula de porcelana (capacidad: 1000 ml)

- Insumos de laboratorio: agar plate count, caldo brilla, caldo lauril sulfato triptosa, agar endoles, agar MFC, DPD en polvo para cloro libre en muestras de 10 ml,  $\text{KO}_2\text{PtCl}_6$ ,  $\text{CoCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , HCl, reactivo para hierro.

### **3.5.2 PROGRAMAS (Software)**

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- AutoCAD 2017
- ArcGIS 10.7
- SPSS versión 25
- Adobe Reader DC

### **3.5.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.3.1 Selección de parámetros**

El procedimiento de recolección de datos consistió en la selección de parámetros de acuerdo al reglamento de la calidad de agua para consumo humano, teniendo como parámetros de control obligatorio y parámetros adicionales:

#### **Parámetros Físicos:**

- Turbidez
- Conductividad
- Temperatura



### **Parámetros Químicos:**

- pH
- Dureza total
- Cloro residual
- Sólidos totales disueltos
- Sulfatos
- Nitratos
- Metales totales

### **Parámetros Microbiológicos**

- Coliformes totales
- Coliformes fecales o termotolerantes

#### **3.5.3.2 Lugar de análisis de muestras**

El análisis de los parámetros físicos y químicos (potencial hidrogeno, cloro residual, turbidez, conductividad, temperatura) y microbiológicos (coliformes totales y coliformes fecales o termotolerantes) fueron realizados en el laboratorio de control ambiental de DIRESA Pasco.

El análisis de ensayo de parámetros químicos (dureza total, sulfatos, nitratos, plata, aluminio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, potasio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, níquel, fósforo, plomo, antimonio, escandio, selenio, estaño, estroncio, titanio, talio, vanadio, wolframio, itrio, cinc, circonio) se realizó en el laboratorio de ensayo Servicios Analíticos Generales S.A.C., con reconocimiento del Organismo Peruano de Acreditación – INACAL.

### 3.5.3.3 Métodos de muestreo

#### Toma de muestras.

##### *a) Consideraciones generales: para pozos o reservorios de almacenamiento*

- Asegurar un cordón de nylon de muestreo por medio del sujetador situado en un extremo del cable.
- Si fuera necesario, puede añadir otro pedazo de cordel o soguilla al cable para alcanzar el nivel de agua deseado.
- Colocar el frasco de muestreo en el pozo, teniendo cuidado de no rozarlo contra paredes de la estructura.
- Tener cuidado de no perder el frasco de muestreo al realizar esta operación.
- Permita que el frasco de muestreo se sumerja alrededor de 30 cm. Retirar el frasco de muestreo del pozo con cuidado.

##### *b) Consideraciones para medición de parámetros de campo:*

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- De acuerdo al Decreto Supremo N° 031-2010- SA Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, corresponde evaluar los siguientes parámetros de campo: Cloro residual Libre, Turbiedad, Conductividad, pH y Temperatura.
- La información recabada en la medición de parámetros de campo, así como la ubicación y descripción del punto de monitoreo se debe ingresar en la ficha de datos de campo, deberá estar llenada con letra imprenta legible, sin borrones ni enmendaduras consignando la información de la toma de muestras (tener en cuenta el mantenimiento, calibración de equipos de campo, revisión de los equipos de campo antes de muestreo)

*c) Consideraciones para la toma de muestras microbiológicas.*

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- Desamarre el cordón que ajusta la cubierta protectora de papel y saque la cubierta del frasco para la toma de muestra.
- Evitar tocar el interior del frasco o la cara interna del tapón, sujetando esta con la mano mientras se realiza el muestreo, sin colocarlo sobre algún material que lo pueda contaminar.
- Coloque la tapa en el frasco o enrosque la tapa fijando la cubierta protectora de papel kraft en su lugar mediante el cordón.
- Cantidad mínima de muestra 250 ml.

*d) Consideraciones para la toma de muestras físico y químico:*

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- Enjuagar de dos a tres veces los frascos de muestreo con el agua a ser recolectada, con la finalidad de eliminar posibles sustancias existentes en su interior, agitar y desechar el agua de lavado.
- Llenar hasta el límite del frasco (no dejar espacio vacío), luego de tomada la muestra y dependiendo del tipo de análisis a ejecutar, se añade el preservante adecuado y cerrar herméticamente.
- Para determinación de dureza y metales agregar 3 ml de HNO<sub>3</sub> 1+1<sup>7</sup> hasta pH < 2, cantidad mínima de muestra 1000 ml.
- Para determinación de mercurio agregar 2.5 ml de ácido clorhídrico (c)<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> 1+1: un volumen de ácido (concentrado, de alta pureza ver especificaciones técnicas (1)) + un volumen de agua destilada (libre de metales)

<sup>8</sup> Ácido clorhídrico (concentrado), equivalente a Ácido clorhídrico 12 N. El ácido para preservar debe tener como máximo 5 µg/L de Hg

### **3.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los resultados de los análisis obtenidos del recurso hídrico subterráneo, se contrastaron con los parámetros establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud, publicado mediante DS N° 031-2010-SA. y se empleó como referencia la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, aprobado mediante D.S. N° 004-2017-MINAM.

Para realizar el procesamiento, contrastación y análisis de los datos se utilizó el método de Prueba T Student para una muestra, con un porcentaje del intervalo de confianza de 95 % con ayuda del programa estadístico SPSS versión 25 y Microsoft Excel.

### **3.7 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

El estudio corresponde a la estadística descriptiva. El análisis estadístico consistió en el cálculo de la medida de tendencia central: media aritmética; y de dispersión: desviación estándar y valores extremos de los valores obtenidos de los resultados de ensayo de las seis (6) muestras de agua subterránea. Para ello, se utilizaron dos herramientas de softwares especiales para el procesamiento y síntesis de los datos: programa estadístico SPSS V.25 y Microsoft Office Excel. Los resultados de parámetros físicos, químicos y microbiológicos fueron expresados en medidas de tendencia central (media aritmética) y de dispersión (desviación estándar y valores extremos).

### **3.8 SELECCIÓN, VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a las variables a medir: parámetros físicos, químicos y microbiológicos, estos fueron realizados en laboratorios de ensayo cuyos instrumentos y métodos de ensayo, se encuentran acreditados por el Instituto Nacional de Calidad – INACAL. Asimismo, para los equipos portátiles utilizados en campo, se adjuntan los certificados correspondientes. (véase anexos copias de certificados de acreditación de laboratorio y certificados de calibración de equipos).

### **3.9 ORIENTACIÓN ÉTICA**

La información contenida en el presente trabajo de investigación, “es una especie de vector sobre la realidad: origen y retorno sobre ella y el sujeto” (Márquez Fernández, 2001).

Como normas éticas se consideró:

- El cuidado y protección de la gente, medio ambiente y la propiedad durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- Se obtuvo las muestras de pozos artesanales de viviendas particulares con el consentimiento informado de sus propietarios.
- La información recabada de otros autores es citada, respetando la propiedad de los mismos.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO**

1. Identificación de puntos de muestreo, haciendo uso de un plano catastral de Vicco e información del tipo de acuífero (se consideró el mapa hidrogeológico de la página web del INGEMMET), se identificaron seis (6) puntos de muestreo.
2. Revisión de procedimientos, fue en base al protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano aprobado mediante Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA. (Ministerio de Salud, 2015)
3. Los materiales y equipos utilizados para el trabajo de campo fueron:
  - a) Materiales: tablero, fichas de campo, libreta de campo, etiqueta para la identificación de frascos, plumón indeleble, 06 pares de guantes descartables, cordón de nylon, cooler, ice pack. Además de materiales

proporcionados por laboratorios: frascos de vidrio esterilizados de 500 ml y gotero (laboratorio de salud ambiental de DIGESA), frascos de plástico de 1000 ml y reactivos para preservar muestras (laboratorio de ensayo Servicios Analíticos Generales).

b) Equipos: cámara fotográfica y sistema de posicionamiento satelital (GPS) Garmin GPSmap 76CSx. Además de equipos proporcionados por el laboratorio de salud ambiental de DIGESA: Medidor multiparámetro portátil HANNA modelo HI 9828.

4. En el punto de muestreo identificado previamente, se referenció el punto de muestreo de la superficie terrestre con un GPS, se registró coordenadas geográficas y universal transverse mercator (UTM).

5. Se realizó la medición de parámetros de campo: pH, temperatura y conductividad, anotando los datos registrados en la cadena de custodia para muestras de agua.

6. Proceso para la toma de muestras para parámetros físicos y químicos:

a) Nos colocamos los guantes descartables para iniciar la toma de muestras.

b) Se enjuagó de 2 a 3 veces el envase de plástico de 1000 ml con agua sacada del pozo con ayuda de un balde que se hace uso en la vivienda.

c) Se aseguró el envase con un cordón de nylon, asegurándonos de no perderlo en el pozo.

d) Se sumergió el frasco mediante el cordón de nylon a aproximadamente 30 cm de profundidad del nivel de agua y se procedió a retirarlo cuidando que no impacte con las paredes del pozo.

- e) Después de retirado el frasco, si el agua recolectada no se encontraba hasta el límite del envase, este se llenaba retirando agua con los baldes para no dejar espacios vacíos.
  - f) Para determinar la dureza y metales se adicionó 3 ml de ácido nítrico, y
  - g) Para determinar mercurio se adicionó 2,5 ml de ácido clorhídrico, esto de acuerdo listado de requisitos para recepción de muestras de aguas naturales del (Laboratorio de control ambiental DIGESA-MINSA, 2017).
  - h) Se procedió a colocar la tapa y rotular el frasco para seguridad y validez de los datos de la muestra.
  - i) Se almacenó las muestras en forma vertical en un cooler y se cerró herméticamente para ser trasladadas al laboratorio de ensayo.
7. Proceso para la toma de muestras para parámetros microbiológicos:
- a) Nos colocamos los guantes descartables al momento de la toma de muestra.
  - b) Se aseguró el envase de vidrio (capacidad de 500 ml y esterilizado) con un cordón de nylon, asegurándonos de no perderlo en el pozo.
  - c) Retiramos el cordón que ajusta la cubierta protectora de papel y retiramos ambos para la toma de muestra, se tuvo especial cuidado para evitar contaminar el interior de los frascos o la cubierta.
  - d) Se sumergió el frasco mediante el cordón de nylon a aproximadamente 30 cm de profundidad del nivel de agua y se procedió a retirarlo cuidando que no impacte con las paredes del pozo.



- e) Se procedió a colocar la tapa del frasco fijando la cubierta protectora de papel Kraft en su lugar mediante un cordón.
- a) Se procedió a rotular los frascos para seguridad y validez de los datos de la muestra.
- b) Se almacenó las muestras en forma vertical en un cooler y se cerró herméticamente para ser trasladadas al laboratorio de ensayo.

Para la toma de muestras, se realizó con el soporte y supervisión del Ing. Antonio Colqui Huamán, especialista ambiental de Diresa – Pasco.

## **4.2 PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

### **4.2.1 RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

En cuanto a las características físicas del agua, se evaluaron: turbidez, conductividad y temperatura.

En cuanto a las características químicas, se evaluaron: pH, cloro residual, sólidos disueltos totales, sulfatos, dureza total, nitratos, plata, aluminio, arsénico, bario, berilio, bismuto, calcio, cadmio, cobalto, cromo, cobre, hierro, mercurio, potasio, magnesio, manganeso, molibdeno, sodio, fósforo, antimonio, escandio, selenio, estaño, estroncio, titanio, talio, vanadio, wolframio, itrio, cinc, circonio, níquel y plomo.

En cuanto a las características microbiológicas del agua subterránea, se evaluaron: coliformes totales y coliformes fecales.

**Tabla 7. Resultados de análisis - Parámetros Físicos**

Parámetros	Unidades	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	LMP	ECA
Turbidez	UNT	0.52	0.36	0.78	0.50	0.99	1.76	5	5
Conductividad	µS/cm	552	517	738	486	426	604	1500	1500
Temperatura	°C	10.6	11.6	11.3	11.5	11.3	11.2	*	Δ3

Nota: \* No presenta valor en ese parámetro

**Tabla 8. Resultados de análisis - Parámetros Químicos**

Parámetros	Unidades	Lím. Det.	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	LMP	ECA
pH	pH	--	7.26	7.56	7.16	7.15	7.53	7.63	6.5-8.5	6.5-8.5
Cloro	Ppm	--	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5	*
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	--	233	224	226	287	201	232	1000	1000
Sulfatos	mg/L	--	70	50	59	34	46	85.3	250	250
Dureza Total	mg/L	--	183	99	133	187	244	153	500	500
Nitratos	mg/L	--	<10	<10	<10	<10	<10	<10	50.00	50
Aluminio	mg/L	0.037	<0.037	<0.037	<0.037	<0.037	<0.037	<0.037	0.2	<b>0.9</b>
Antimonio	mg/L	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	0.020	0.02
Arsénico	mg/L	0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.010	0.01
Bario	mg/L	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.700	0.7
Berilio	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	*	0.012
Bismuto	mg/L	0.017	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017	*	*
Calcio	mg/L	0.029	2.054	2.409	2.035	2.685	2.245	2.125	*	*
Cadmio	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.003	0.003
Cobalto	mg/L	0.008	<0.008	0.031	0.027	<0.008	<0.008	<0.008	*	*
Cromo	mg/L	0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	0.050	0.05
Cobre	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	2.0	2
Hierro	mg/L	0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068	0.3	0.3

Mercurio	mg/L	0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.001	0.001
Potasio	mg/L	0.043	0.654	0.760	0.754	0.694	0.725	0.864	*	*
Magnesio	mg/L	0.052	3.010	3.155	3.026	3.071	3.011	3.162	*	*
Manganeso	mg/L	0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	0.4	0.4
Molibdeno	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.07	0.07
Sodio	mg/L	0.031	2.723	4.420	2.562	3.345	2.726	4.321	200	*
Níquel	mg/L	0.007	<b>0.021</b>	0.018	0.020	<b>0.022</b>	0.019	<b>0.021</b>	0.020	<b>0.07</b>
Fosforo	mg/L	0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	*	0.1
Plomo	mg/L	0.006	<0.006	<b>0.012</b>	<b>0.012</b>	<0.006	<0.007	0.010	0.010	0.01
Escandio	mg/L	0.006	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007	*	*
Selenio	mg/L	0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	0.010	<b>0.04</b>
Estaño	mg/L	0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	*	*
Estroncio	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	*	*
Plata	mg/L	0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	*	*
Titanio	mg/L	0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	*	*
Talio	mg/L	0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008	*	*
Vanadio	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	*	*
Wolframio	mg/L	0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	*	*
Itrio	mg/L	0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	*	*
Cinc	mg/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	3.0	3
Circonio	mg/L	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	*	*

Nota: \* No presenta valor en ese parámetro.

**Tabla 9. Resultados de análisis - Parámetros Microbiológicos.**

Parámetros	Unidades	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	LMP	ECA
Coliformes Totales	UFC/100 ml a 35°C	254	195	27	115	280	124	0 (*)	50
Coliformes Fecales	UFC/100 ml a 44.5°C	<1	<1	<1	<1	6	1	0 (*)	20

En cuanto a los resultados de características físicas del agua: los resultados obtenidos de las seis (6) muestras de agua, no exceden los límites máximos permisibles (LMP), establecidos en el reglamento de la calidad del agua para consumo humano (DS. N° 031 – 2010 – SA) y los estándares para calidad ambiental (ECA) para agua (D.S. N° 004 – 2017 – MINAM).

En cuanto a los resultados de características químicas del agua: los resultados obtenidos de las seis (6) muestras de agua, no superan los LMP y ECA. A excepción del níquel y plomo.

Para el caso del níquel, cuyos valores obtenidos que superan ligeramente los LMP, se encuentran en las muestras: M-1 = 0.021 mg/l, M-4 = 0.022 mg/l y M-6 = 0.021 mg/l. Asimismo estos valores no exceden el ECA para agua.

Para el caso del plomo, cuyos valores obtenidos que superan los LMP y ECA, se evidencian en las muestras: M-2 = 0.012 mg/l y M-3 = 0.012 mg/l respectivamente.

En cuanto a los resultados de características microbiológicas del agua. Se evidencia que:

Para el caso de bacterias coliformes totales los valores obtenidos superan los LMP en las seis (6) muestras de agua. Además, superan el ECA a excepción de la M-3 = 27 UFC/100 ml

Para el caso de bacterias coliformes fecales o termotolerantes cuyos valores obtenidos superan el LMP, se encuentran en las muestras: M-5 = 6 UFC/100 ml y M-6 = 1 UFC/100 ml. Asimismo, el total de muestras no supera el ECA.

#### 4.2.2 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE RESULTADOS

**Tabla 10. Estadística Descriptiva - Parámetros Físicos**

Estadísticos descriptivos					
Indicadores Físicos	N° de Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
Turbiedad	6	0.36	1.76	0.8183	0.51344
Conductividad	6	426	738	553.83	108.385
Temperatura	6	10.6	11.6	11.250	0.3507
N válido (por lista)	6				

Nota: \* No presenta valor en ese parámetro

En relación a los resultados obtenidos de la estadística descriptiva de los indicadores de parámetros físicos tenemos:

- La desviación estándar de la conductividad posee un valor elevado, debido a la variación entre la muestra 3 y muestra 5 es mayor con respecto a las muestras 1, 2, 4 y 6.
- La desviación estándar de la turbidez posee un valor elevado, debido a la variación de la muestra 2 y muestra 6 es mayor con respecto a las muestras 1, 3, 4 y 5. De acuerdo a la tabla N° 7.

**Tabla 11. Estadística Descriptiva - Parámetros Químicos**

Estadísticos descriptivos					
Indicadores Químicos	N° de Muestras	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación
pH	6	7.36	7.77	7.5817	0.14999
Cloro Residual	6	0.0	0.0	0.000	0.0000
STD	6	201	287	233.83	28.520
Dureza Total	6	99	244	166.50	50.119
Sulfatos	6	34.0	85.3	57.383	18.2867
Nitratos	6	0	0	0.00	0.000

Plata	6	0	0	0.00	0.000
Aluminio	6	0	0	0.00	0.000
Arsénico	6	0	0	0.00	0.000
Bario	6	0	0	0.00	0.000
Berilio	6	0	0	0.00	0.000
Bismuto	6	0	0	0.00	0.000
Calcio	6	2.035	2.685	2.25883	0.250730
Cadmio	6	0	0	0.00	0.000
Cobalto	6	0.000	0.031	0.00967	0.015029
Cromo	6	0	0	0.00	0.000
Cobre	6	0	0	0.00	0.000
Hierro	6	0	0	0.00	0.000
Mercurio	6	0	0	0.00	0.000
Potasio	6	0.654	0.864	0.74183	0.071678
Magnesio	6	3.010	3.162	3.07250	0.070242
Manganeso	6	0	0	0.00	0.000
Molibdeno	6	0	0	0.00	0.000
Sodio	6	2.562	4.420	3.34950	0.835609
Níquel	6	0.018	0.022	0.02017	0.001472
Fósforo	6	0	0	0.00	0.000
Plomo	6	0.000	0.012	0.00567	0.006250
Antimonio	6	0	0	0.00	0.000
Escandio	6	0	0	0.00	0.000
Selenio	6	0	0	0.00	0.000
Estaño	6	0	0	0.00	0.000
Estroncio	6	0	0	0.00	0.000
Titanio	6	0	0	0.00	0.000
Talio	6	0	0	0.00	0.000
Vanadio	6	0	0	0.00	0.000
Wolframio	6	0	0	0.00	0.000
Itrio	6	0	0	0.00	0.000
Cinc	6	0	0	0.00	0.000
Circonio	6	0	0	0.00	0.000
N válido	6				

Nota: \* No presenta valor en ese parámetro

En relación con los resultados obtenidos de la estadística descriptiva de los parámetros químicos tenemos:

- La desviación estándar de la dureza total posee un valor elevado ( $S=50.119$ ), debido a que la variación entre la muestra 2 y muestra 5 es mayor con respecto a las muestras 1, 3, 4 y 6.
- La desviación estándar de los sólidos totales disueltos posee un valor elevado ( $S=28.520$ ), debido a que la variación entre la muestra 5 y muestra 4 es mayor con respecto a las muestras 1, 2, 3 y 6.
- La desviación estándar de los sulfatos posee un valor elevado ( $S=18.2867$ ), debido a que la variación entre la muestra 4 y muestra 6 es mayor con respecto a las muestras 1, 2, 3 y 5. De acuerdo a la tabla N° 8.

**Tabla 12. Estadística Descriptiva Parámetros Microbiológicos**

<b>Estadísticos descriptivos</b>					
<b>Indicadores Microbiológicos</b>	<b>N° de Muestras</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>
Coliformes Totales	6	27	280	165.83	95.149
Coliformes Fecales	6	0	6	1.17	2.401
N válido (por lista)	6				

En relación con los resultados obtenidos de la estadística descriptiva de los parámetros químicos tenemos:

- La desviación estándar de coliformes totales posee un valor elevado ( $S=95.149$ ), debido a la variación entre la muestra 5 y muestra 3 es mayor con respecto a las muestras 1, 2, 4 y 6.
- La desviación estándar de coliformes fecales posee un valor elevado ( $S=2.401$ ), debido a la variación de la muestra 5 y muestra 6 es mayor con respecto a las muestras 1, 2, 3 y 4. De acuerdo a la tabla N° 9.

#### 4.2.3 PRUEBAS T STUDENT PARA UNA MUESTRA

### PARÁMETROS FÍSICOS

**Tabla 13. Prueba T para una muestra - Turbidez**

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Turbiedad	6	0.8183	0.51344	0.20961

Prueba para una muestra						
<i>Valor de prueba = 5</i>						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Turbiedad	-19.950	5	0.000	-4.18167	-4.7205	-3.6428

- La prueba T student para turbidez no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).

**Tabla 14. Prueba T para una muestra - Conductividad**

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Conductividad	6	553.83	108.385	44.248

Prueba para una muestra						
<i>Valor de prueba = 1500</i>						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Conductividad	-21.383	5	0.000	-946.167	-1059.91	-832.42

- La prueba T student para conductividad no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).



## PARÁMETROS QUÍMICOS

**Tabla 15. Prueba T para una muestra - Potencial Hidrógeno**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Potencial Hidrógeno	6	7.5817	0.14999	0.06123

<b>Prueba para una muestra</b>						
<i>Valor de prueba = 8.5</i>						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
pH	-14.997	5	0.000	-0.91833	-1.0757	-0.7609

- La prueba T student para potencial hidrogeno no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).

**Tabla 16. Prueba T para una muestra - Solidos Totales Disueltos**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
STD	6	233.83	28.520	11.643

<b>Prueba para una muestra</b>						
<i>Valor de prueba = 1000</i>						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
STD	-65.805	5	0.000	-766.167	-796.10	-736.24

- La prueba T student para solidos totales disueltos no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0AS.000).

**Tabla 17. Prueba T para una muestra - Dureza Total**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Dureza Total	6	166.50	50.119	20.461

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 500*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Dureza Total	-16.299	5	0.000	-333.500	-386.10	-280.90

- La prueba T student para dureza total no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).

**Tabla 18. Prueba T para una muestra - Sulfatos**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Sulfatos	6	57.383	18.2867	7.4655

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 250*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Sulfatos	-25.801	5	0.000	-192.6167	-211.807	-173.426

- La prueba T student para sulfatos no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).

**Tabla 19. Prueba T para una muestra - Sodio**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Sodio	6	3.34950	0.835609	0.341136

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 200*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Sodio	-576.458	5	0.000	196.650500	-197.52742	195.77358

- La prueba T student para sodio no presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.000).

**Tabla 20. Prueba T para una muestra - Níquel**

<b>Estadísticas para una muestra</b>				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Níquel	6	0.02017	0.001472	0.000601

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 0.020*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Níquel	0.277	5	0.793	0.000167	-0.00138	0.00171

- La prueba T student para níquel presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.793).

**Tabla 21. Prueba T para una muestra - Plomo**

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Plomo	6	0.00567	0.006250	0.002552

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 0.010*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Plomo	-1.698	5	0.150	-0.004333	-0.01089	0.00223

- La prueba T student para plomo presenta diferencia estadística significativa (p-valor = 0.150).

**PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS**

**Tabla 22. Prueba T para una muestra - Coliformes Totales y Fecales**

Estadísticas para una muestra				
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Coliformes Totales	6	165.83	95.149	38.844
Coliformes Fecales	6	1.17	2.401	0.980

**Prueba para una muestra**

*Valor de prueba = 0*

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Coliformes Totales	4.269	5	0.008	165.833	65.98	265.69
Coliformes Fecales	1.190	5	0.287	1.167	-1.35	3.69

- La prueba T student para coliformes totales presentan diferencia estadística significativa (p-valor = 0.008) y para coliformes fecales presenta mayor diferencia estadística significativa (p-valor = 0.287).

### 4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

#### PRUEBA ESTADÍSTICA

#### “PRUEBA T STUDENT PARA UNA MUESTRA”

##### 4.3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

H<sub>1</sub>: NO EXISTE una diferencia Significativa entre la calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles. (hipótesis alterna o del investigador).

H<sub>0</sub>: EXISTE una diferencia Significativa entre la calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco y los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles. (hipótesis nula).

##### 4.3.2 NIVEL DE SIGNIFICANCIA

$$5\% = 0.05$$

##### 4.3.3 ESTIMACIÓN DEL P-VALOR

**Tabla 23. *p* - valor Parámetros Físicos**

<b>Parámetros Físicos</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
Turbiedad	0.000
Conductividad	0.000

**Tabla 24. *p* - valor Parámetros Químicos**

<b>Parámetros Químicos</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
Potencial Hidrogeno	0.000
Solidos totales disueltos	0.000
Dureza Total	0.000
Sulfatos	0.000
Sodio	0.000
Níquel	0.793
Plomo	0.150

**Tabla 25. *p* - valor Parámetros Microbiológicos**

<b>Parámetros Microbiológicos</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
Coliformes Totales	0.008
Coliformes Fecales	0.287

#### **4.3.4 TOMA DE DECISIÓN**

$p < 0.05$  entonces rechazamos la hipótesis Nula, nos quedamos con la hipótesis alterna.

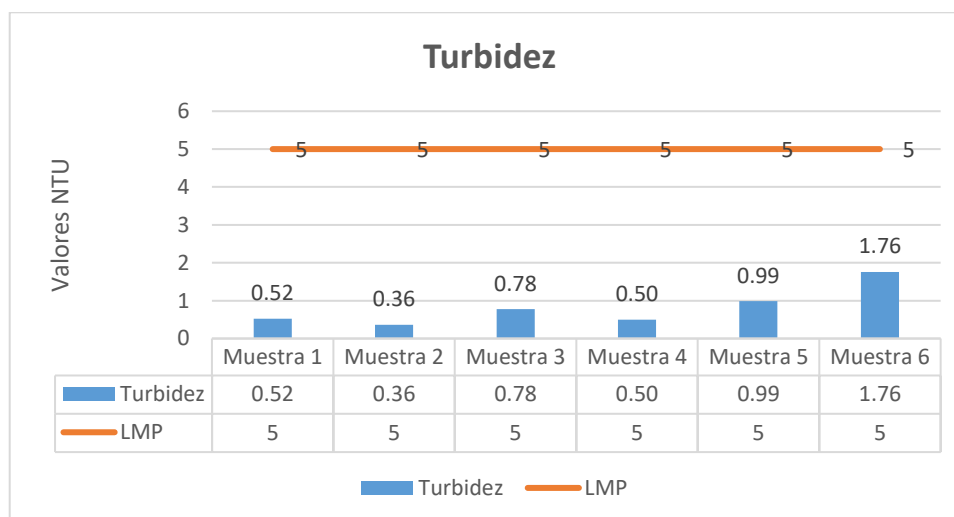
Conclusión de Hipótesis respecto a los Límites Máximos Permitidos establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

- H<sub>1</sub>: La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco cumple con los parámetros físicos acorde a los límites máximos permisibles. NO EXISTE una diferencia Significativa (p- valor).
- H<sub>2</sub>: La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco cumple con los parámetros químicos acorde a los límites máximos permisibles. NO EXISTE una diferencia Significativa (p- valor) H<sub>0</sub>: A excepción del Níquel y Plomo donde EXISTE una diferencia significativa (p- valor).
- H<sub>0</sub>: La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco no cumplen con los parámetros microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles. EXISTE una diferencia Significativa (p-valor).

## 4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.4.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PARÁMETROS FÍSICOS

#### 4.4.1.1 Turbidez



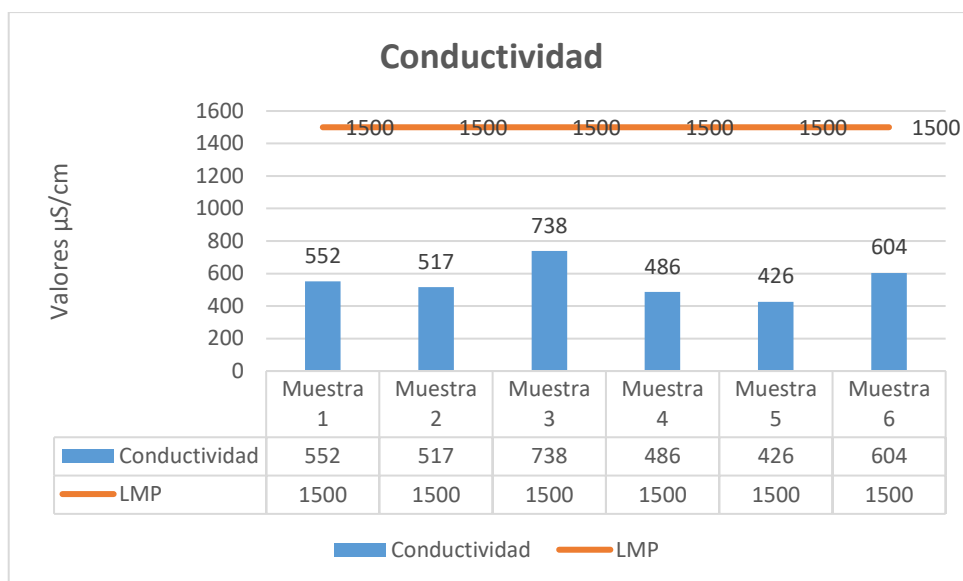
**Figura 4. Determinación de Turbidez**

#### **Discusión de Turbidez:**

La concentración de turbidez de las seis (6) muestras de agua subterránea obtenida mediante pozos artesanales, fluctúan en promedios de un máximo de 1.76 UNT en la muestra 6 a un mínimo de 0.36 UNT en la muestra 2, según se aprecia en la figura 4, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (5 NTU).

(Custodio Gimena & Llamas Madurga, Hidrología Subterránea, 1996) Menciona que, el agua llamada transparente tiene menos de 1,42 ppm SiO<sub>2</sub> y permite ver en 4 m de espesor. Hasta 2,85 ppm SiO<sub>2</sub> se llama opalina, hasta 6,25 algo turbia, hasta 9,00 turbia y con más de 9,00 muy turbia. Valores en general menos de 1 ppm para agua subterránea.

#### 4.4.1.2 Conductividad



**Figura 5. Determinación de Conductividad**

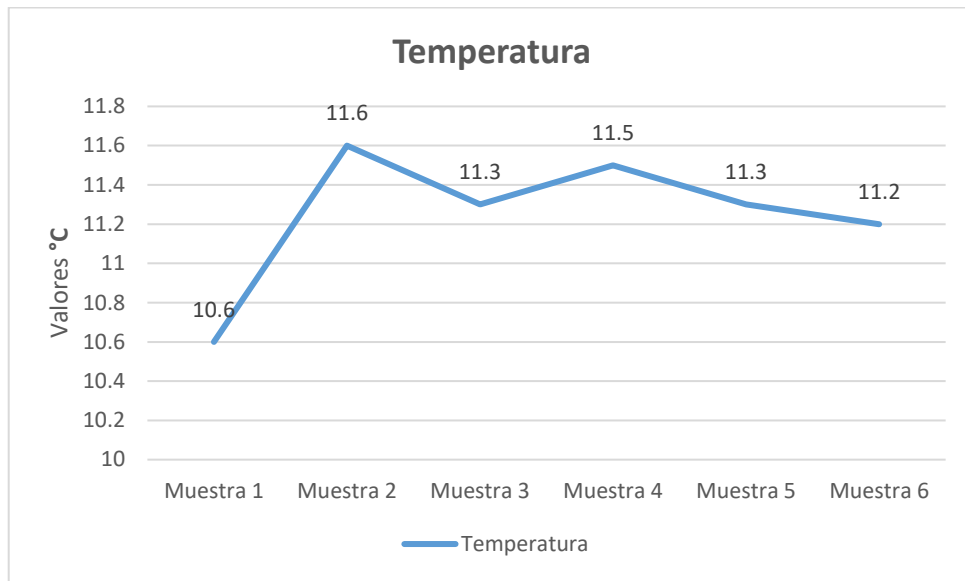
#### **Discusión de Conductividad:**

La determinación de conductividad en las muestras del agua subterránea obtenida mediante pozos artesanales, fluctúan en promedios de un máximo de 738  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la muestra 3 a un mínimo de 426  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la muestra 5, según se aprecia en la figura 5, se puede apreciar que la conductividad presente en las seis (6) muestras de agua de los pozos de abastecimiento es menor a 1 500  $\mu\text{mho}/\text{cm}$ , valor considerado por el reglamento de la calidad de agua para consumo humano: DS. N° 031-2010-SA como el máximo admitido para agua potable.

La evaluación de la conductividad presenta la mayor diferencia estadística (desviación estándar) entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S= 108.385$ ).



#### 4.4.1.3 Temperatura (°C).



**Figura 6. Determinación de Temperatura**

#### **Discusión de Temperatura:**

Los resultados de las seis (6) muestras de las aguas subterráneas obtenidas mediante pozos artesanales, fueron en promedio en rango de un máximo de 11.6 °C en la muestra 2 a un mínimo de 10.6 °C en la muestra 1, según muestra la figura 6.

(Pulido Carrillo, 1978) Menciona que en acuíferos que están sometidos a una renovación anual de sus reservas se considera que la temperatura del agua debe ser la temperatura media anual del ambiente, acaso con diferencias de algunos grados.

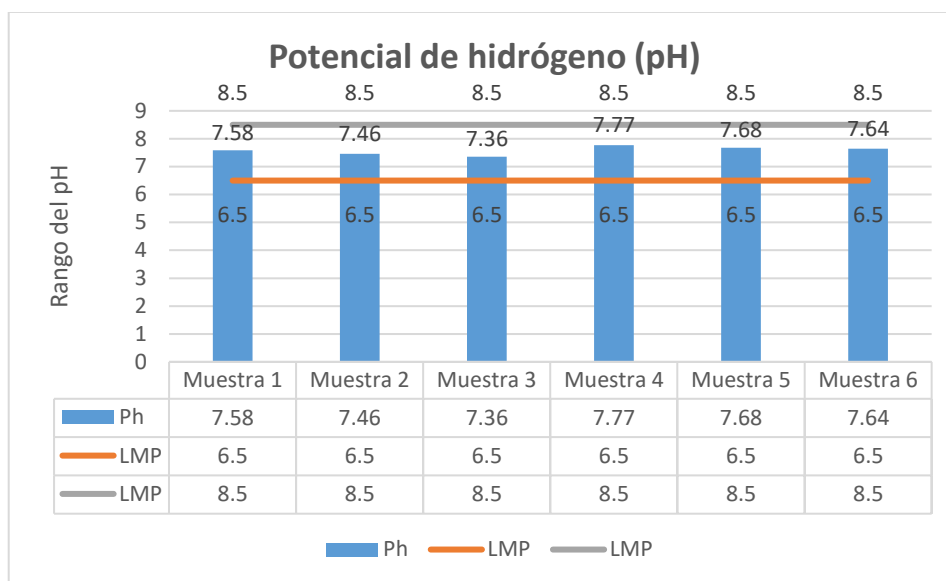
Acuíferos muy profundos pueden presentar su temperatura influenciada por el grado geotérmico. Consideramos que las aguas con temperaturas inferiores a 16°C son aguas frías; de 16 a 22°C son aguas normales; superiores a 22°C, aguas calientes.

(OMS, 2006) Manifiesta que el agua fría tiene, por lo general, un sabor más agradable que el agua tibia, y la temperatura repercutirá en la aceptabilidad de algunos otros componentes inorgánicos y contaminantes químicos que pueden

afectar al sabor. La temperatura alta del agua potencia la proliferación de microorganismos y puede aumentar los problemas de sabor, olor, color y corrosión.

#### 4.4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARÁMETROS QUÍMICOS

##### 4.4.2.1 Potencial hidrogeno



**Figura 7. Determinación de pH**

##### **Discusión de pH:**

Los resultados obtenidos de pH en las seis (6) muestras del agua de pozos artesanales, fluctúan en promedios de un máximo de 7.77 pH en la muestra 4 a un mínimo de 7.36 pH en la muestra 3 según se aprecia en la figura 7, según los resultados obtenidos en promedios de pH del agua, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (6.5 a 8.5 pH).

La evaluación de pH, no presento diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.14999$ ).

Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del rango predominante que menciona (Werner, 1996), entonces el pH de las aguas subterráneas depende del contenido de cationes y aniones. Concentraciones elevadas de CO<sub>2</sub> disuelto causan una reacción ácida.

pH de aguas subterráneas: 5.0 - 8.0 (con excepciones extremas)

Predominante: 6.5 - 7.5

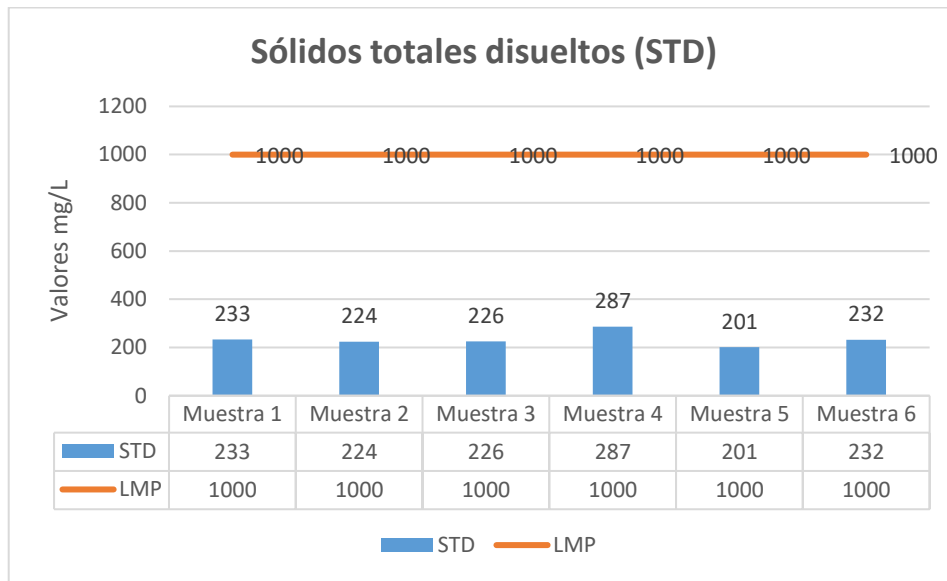
Además, menciona que el agua pura contiene, además de las moléculas propias, iones disociados de H<sup>+</sup> y OH<sup>-</sup> en muy baja concentración. El grado de acidez de una solución acuosa depende de la concentración de iones H<sup>+</sup> (en realidad H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Esta se mide por el pH (= logaritmo de base 10 del recíproco de la concentración de iones H<sup>+</sup>). Ya que el agua pura a 22°C tiene una concentración de H<sup>+</sup> de 10<sup>-7</sup> mol/l, su pH vale 7.0.

pH < 7.0: carácter ácido

pH > 7.0: carácter básico

(OMS, 2006) Indica que no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH. Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua.

#### 4.4.2.2 Sólidos Totales Disueltos (STD).



**Figura 8. Determinación de Sólidos Totales Disueltos**

#### **Discusión de STD:**

Los resultados obtenidos de los sólidos totales disueltos, fluctúan en promedios de un máximo de 287 mg/l en la muestra 4 a un mínimo de 201 mg/l en la muestra 5 según se aprecia en la figura 8, según los resultados obtenidos en promedios de sólidos totales disueltos del recurso hídrico subterráneo, las seis (6) muestras de agua subterránea se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (1000 mg/l).

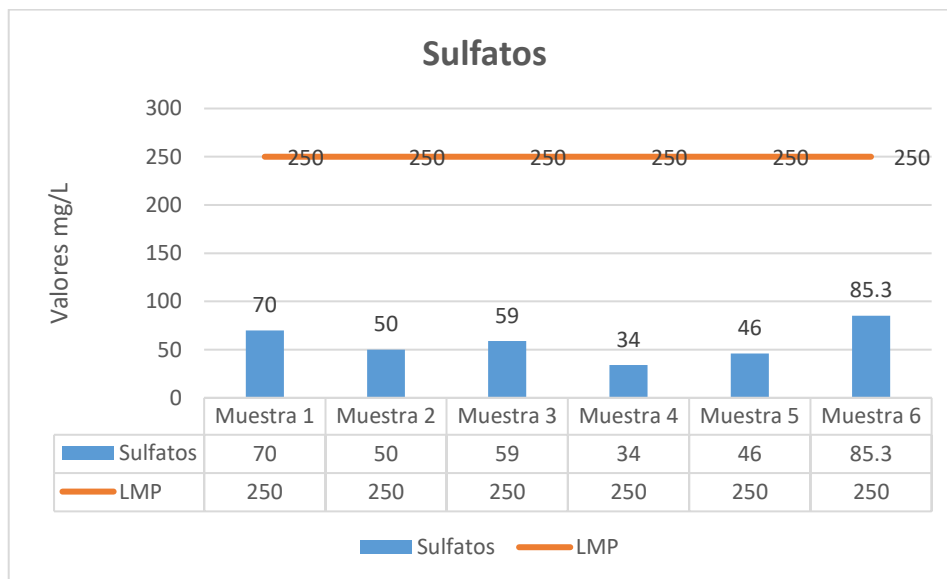
La determinación de sólidos totales disueltos presenta una diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=28.520$ ).

(Werner, 1996) Indica que el total de sólidos disueltos consiste en el residuo seco después de evaporación a 110°C. No es igual al total de las sustancias disueltas en la muestra original por

- gases, que se liberan
- bicarbonato, que se convierte en carbonato
- sulfato, que se convierte en yeso ( $\text{SO}_4 \text{H}_2\text{O}$ )
- algunos iones, que se volatilizan ( $\text{Cl}^- \text{NO}_3^-$ )

(OMS, 2006) Manifiesta que no se dispone de datos fiables sobre posibles efectos para la salud asociados a la ingestión de SDT presentes en el agua de consumo y no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud. No obstante, la presencia de concentraciones altas de SDT en el agua de consumo puede resultar desagradable para los consumidores.

#### 4.4.2.3 Sulfatos



**Figura 9. Determinación de Sulfatos**

#### **Discusión de Sulfatos:**

Los resultados obtenidos de sulfatos en las muestras del agua de pozos, fluctúan en promedios de un máximo de 85.3 mg/l en la muestra 6 a un mínimo de 34 mg/l en la muestra 4 según se aprecia en la figura 9, según los resultados obtenidos entre

las seis (6) muestras de agua subterránea se encuentran debajo de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (250 mg/l).

La determinación de sulfatos presenta una diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=18.2867$ ).

(Werner, 1996) Menciona que el rango de concentraciones en acuíferos sin concentración elevada de  $SO_4^{-2}$  o S generalmente  $< 100$  mg/l. Además, indica que:

*Origen primario:* El azufre (S) es un constituyente menor en rocas cristalinas, sin embargo, se encuentra en sedimentos como constituyente de la piritita, originalmente aportado por emanaciones volcánicas. Por intemperismo (oxidación) se transforma en  $SO_4^{-2}$ .

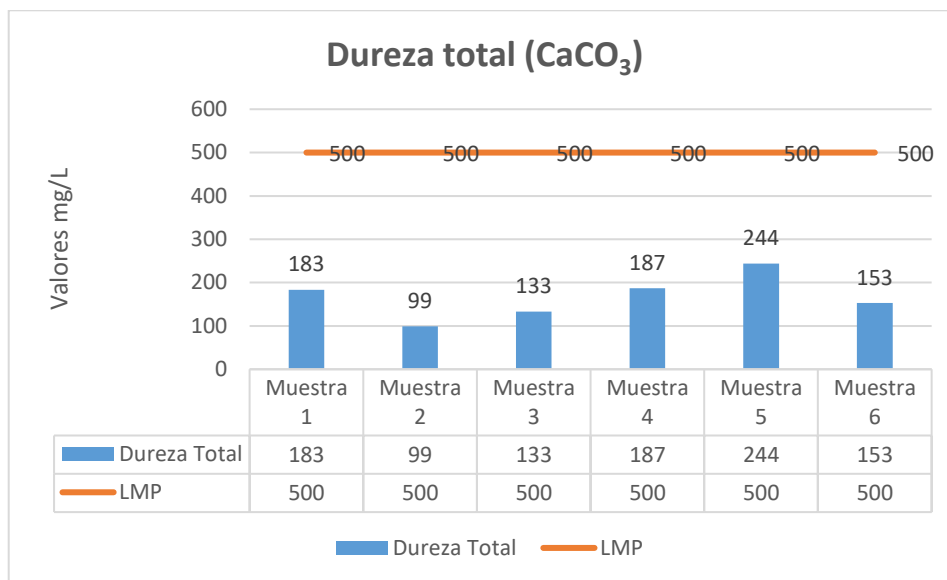
*Origen de los iones disueltos:* Evaporitas (yeso, anhidrita); suelos de sedimentos y acuíferos que contienen piritita o marcasita; agua de lluvia ( $< 2$ mg/l). Polvo. El sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) alcanza la atmósfera por emanaciones volcánicas y por reducción bacteriana en zonas pantanosas.

*Condiciones para la disolución en el agua subterránea:* Los sulfatos se disuelven fácilmente con excepción del sulfato de bario.

(OMS, 2006) Indica que la presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor

que 250 mg/l. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato.

#### 4.4.2.4 Dureza Total



**Figura 10. Determinación de Dureza Total**

#### **Discusión de Dureza Total:**

Resultados obtenidos de dureza total fluctúan entre los valores de un máximo de 244 mg/l en la muestra 5 a un mínimo 99 mg/l en la muestra 2. El total de muestras se encuentran dentro los límites máximos permisibles según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 S.A. DIGESA (500 mg/l).

La determinación de dureza total presenta una diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=50.119$ ).

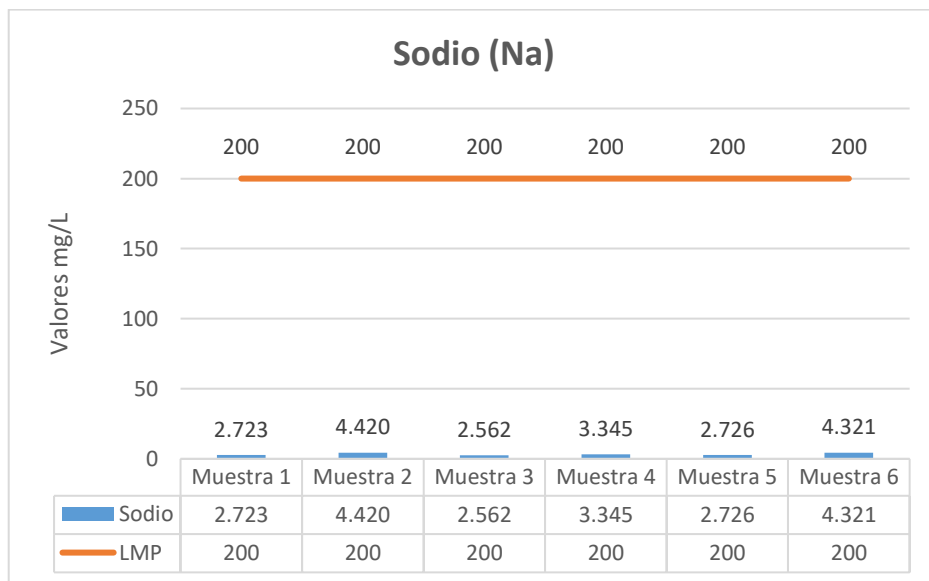
(Custodio Gimena & Llamas Madurga, Hidrología Subterránea, 1996) Menciona que, las aguas se pueden clasificar por su dureza, pero esta clasificación varía con las localidades de acuerdo con las aguas disponibles, aguas con menos de 50 ppm

en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se llaman blandas, hasta 100 ligeramente dura, hasta 200 moderadamente duras y por encima muy duras.

Los valores generalmente entre 10 y 300 ppm  $\text{CO}_3\text{Ca}$  pudiendo llegar a 1000 y excepcionalmente a 2000 o más.

(OMS, 2006) Indica que el valor del umbral gustativo del ion calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. Los resultados obtenidos en esta investigación se encuentran dentro del rango mencionado por la OMS.

#### 4.4.2.5 Sodio.



**Figura 11. Determinación de Sodio**

#### **Discusión del Sodio:**

Los resultados obtenidos de sodio en las muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido mediante pozos artesanales, fluctúan en promedios de un máximo de 4.420 mg/l en la muestra 2 a un mínimo de 2.562 mg/l en la muestra 3 según se aprecia



en la figura 11, según los resultados obtenidos en promedio de sodio de pozos entre las seis (6) muestras están dentro de los límites máximos permisibles, emitidos por el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (200 mg/l).

La determinación de sodio presenta la mayor diferencia estadística significativa para metales pesados entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.835609$ ).

(Werner, 1996) Menciona que aguas subterráneas de mineralización baja contienen 1 - 20 mg/l.

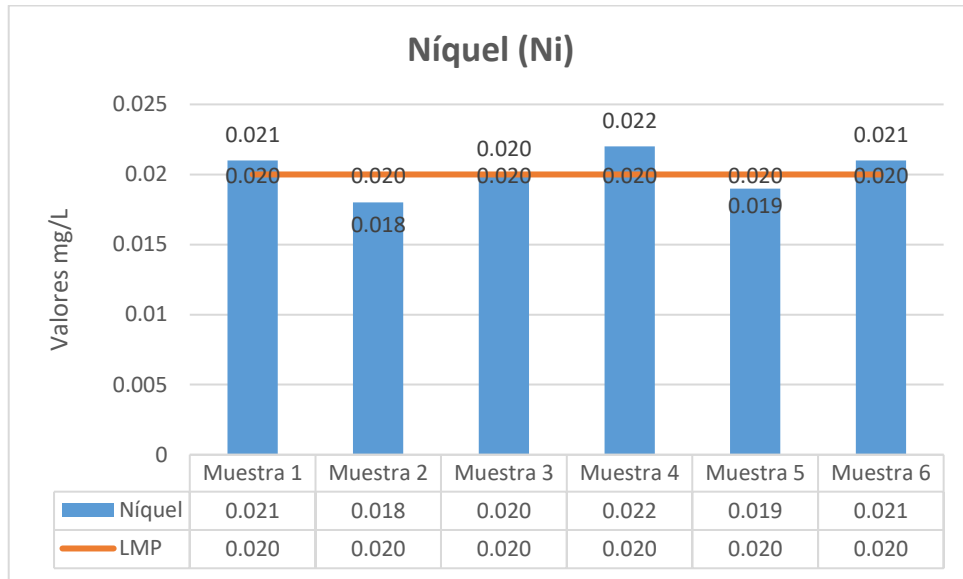
(Pulido Carrillo, 1978) Manifiesta que su presencia se debe a feldespatos, disolución de sulfatos y nitratos sódicos, sal gema, intrusión marina.

Las sales de sodio son muy solubles.

Las concentraciones desde 0,1 a 100 ppm son normales.

(OMS, 2006) Indica que el umbral gustativo del sodio en el agua depende del anión asociado y de la temperatura de la solución. A temperatura ambiente, el umbral gustativo promedio del sodio es de 200 mg/l aproximadamente. Asimismo, manifiesta que no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud.

#### 4.4.2.6 Níquel.



**Figura 12. Determinación de Níquel**

#### **Discusión del Níquel:**

Los resultados obtenidos del níquel en las muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido por medio de pozos artesanales, fluctúan en promedios de un máximo de 0.022 mg/l en la muestra 4 a un mínimo de 0.018 mg/l en la muestra 2 según se aprecia en la figura 12. La determinación del níquel sobrepasa los límites máximos permisibles en tres (3) muestras del recurso hídrico subterráneo, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0.020 mg/l).

El níquel no presenta diferencia estadística significativa para metales pesados entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.001472$ ). Sin embargo, se considera ligeramente mayor en la muestra 4 a diferencia de las muestras 1 y 6.

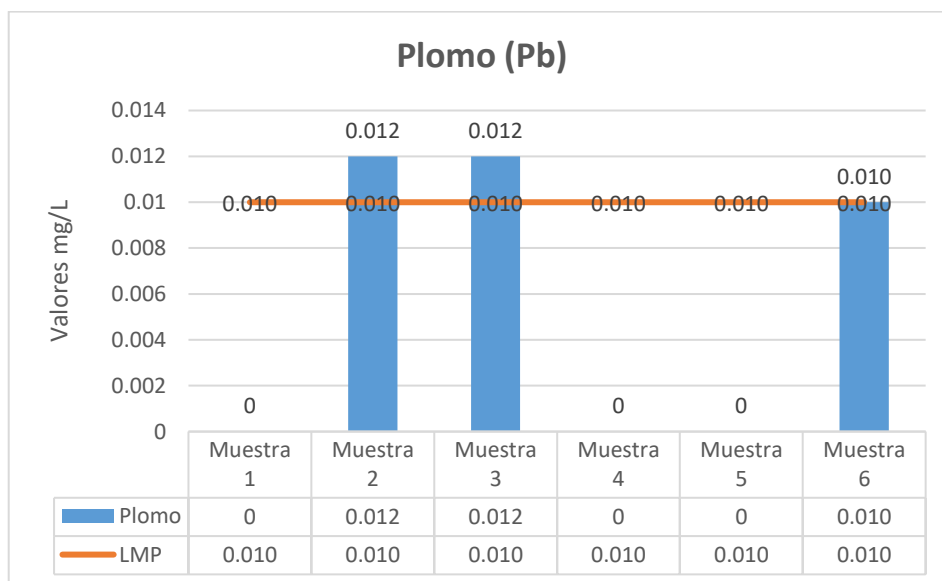
De acuerdo a los resultados obtenidos de níquel, se determina que el recurso hídrico subterráneo obtenido de los pozos 1, 4 y 6 es de mala calidad para consumo

humano por mostrar valores que exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (0.020mg/l).

Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos de níquel, estos no superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional (D.S. N° 004-2017-MINAM).

(OMS, 2006) Indica que la *concentración alcanzable mediante tratamiento*. La concentración debería poderse reducir hasta 20 µg/l mediante tratamientos convencionales, como la coagulación. Si el níquel de origen natural se moviliza en aguas subterráneas, se elimina mediante adsorción o intercambio de iones.

#### 4.4.2.7 Plomo.



**Figura 13. Determinación de Plomo**

#### **Discusión del Plomo:**

Los resultados obtenidos de plomo en las muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido por medio de pozos, fluctúan en promedios de un máximo de

0.012 mg/l en las muestras 3 y 4 a un mínimo de debajo del límite de detección del equipo 0.006 mg/l en las muestras 1, 4 y 5 según se aprecia en la figura 13.

La determinación del plomo sobrepasa los límites máximos permisibles en las muestras N° 2 y 3 del recurso hídrico subterráneo, según el Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0.010 mg/l).

El plomo no presenta diferencia estadística significativa para metales pesados entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.006250$ ).

De acuerdo a los resultados obtenidos de plomo, se determina que el recurso hídrico subterráneo obtenido de los pozos 2 y 3 es de mala calidad para consumo humano por mostrar valores que exceden los LMP emitidos por el Reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA. (0.010mg/l), y los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional (D.S. N° 004-2017-MINAM).

(Barrenechea Martel, 2004) Menciona que en las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico.

El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada *saturnismo*.

Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los seres humanos como de los animales.

Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético el cardiovascular. (...)

La remoción del plomo presente en el agua en los procesos convencionales de floculación o ablandamiento con cal se realiza formando hidróxidos y carbonatos de plomo insolubles. Mediante este método es posible llegar a una eficiencia de 98%.

La coagulación con aluminio con un pH de 6,5 a 7 puede lograr una remoción de 60 a 80%. Con pH mayores de 9,5 la eficiencia de remoción sube a 90%<sup>910</sup>

Cuando las aguas crudas de baja turbiedad contienen una alta concentración de plomo, el sulfato férrico puede ser más efectivo para su remoción<sup>11</sup>

El ablandamiento cal-soda con un pH entre 7 y 11 puede remover por encima del 90% de plomo en el agua<sup>12</sup>.

Debido a que la exposición al plomo es muy común y por el peligro potencial que representa, las concentraciones de este metal en el agua deben ser las más bajas posibles.

La EPA ha establecido una concentración máxima de 0,015 mg/L, que denomina nivel de acción; es decir, una concentración límite que sirve como un aviso para que los sistemas públicos de suministro de agua tomen medidas de tratamiento (si es necesario, adicionales) cuando los niveles de las muestras de agua superen en más de 10% los valores permitidos.

---

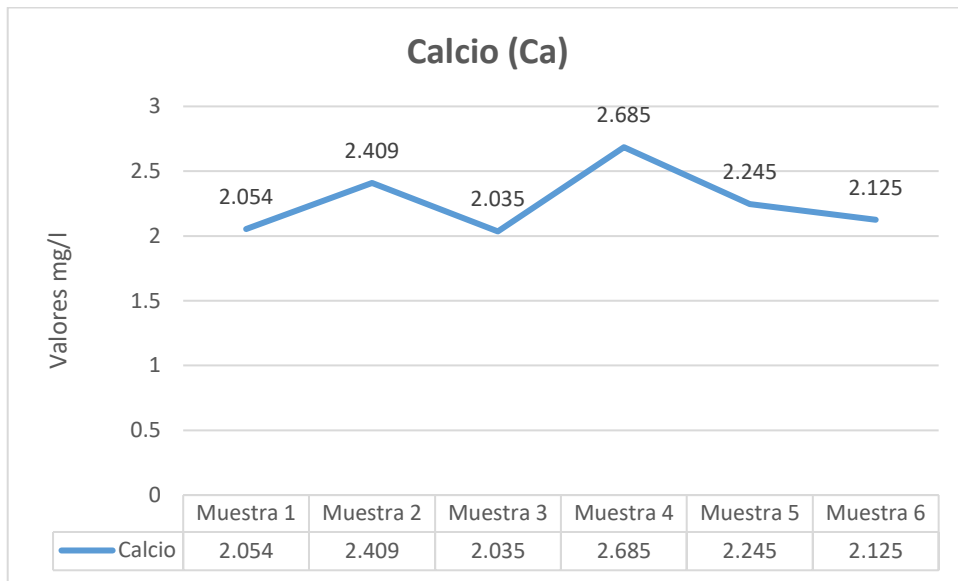
<sup>9</sup> Sorg, T. J. Treatment technology to meet the interim primary drinking water regulation for organics. *Journal of the American Water Works Association* 70, 1978, pp. 105-112.

<sup>10</sup> NAS. Drinking water and health. Safe drinking-water committee, National Academy of Sciences, U. S. National Research Council, Washington, D. C., 1977.

<sup>11</sup> Agencia de Protección Ambiental de las Naciones Unidas-EPA. In-depth Studies on Health and Environmental Impacts of Selected Water Pollutants. EPA Contract 68-01-4646, 1978.

<sup>12</sup> NAS. Drinking Water and Health. Vol. 4. National Academy of Sciences, Washington, D. C., U. S. National Research Council, 1982

#### 4.4.2.8 Calcio.



**Figura 14. Determinación de Calcio**

#### **Discusión del Calcio:**

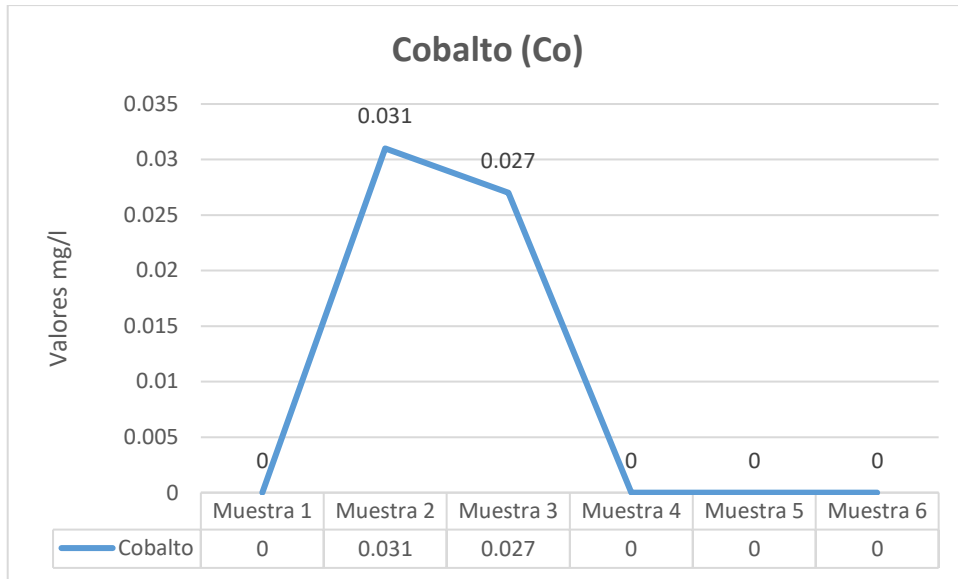
Los resultados obtenidos de calcio en las muestras del recurso hídrico subterráneo de 6 pozos, fueron en promedio en rango de un máximo de 2.685 mg/l en la muestra 4 a un mínimo de 2.054 mg/l en la muestra 1, de acuerdo a la figura 14.

(Pulido Carrillo, 1978) Menciona que la presencia del ion calcio en el agua se debe a rocas carbonatadas o sulfatos de calcio como: calizas dolomías, anhidrita y yesos. El ion calcio y magnesio al agua la *dureza*.

También menciona que, la concentración de calcio en un agua subterránea potable varía entre 10 y 100 ppm., cantidades mayores hasta 1000 ppm., son inocuas para la salud del hombre.

La determinación del calcio no presento diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.250730$ )

#### 4.4.2.9 Cobalto.



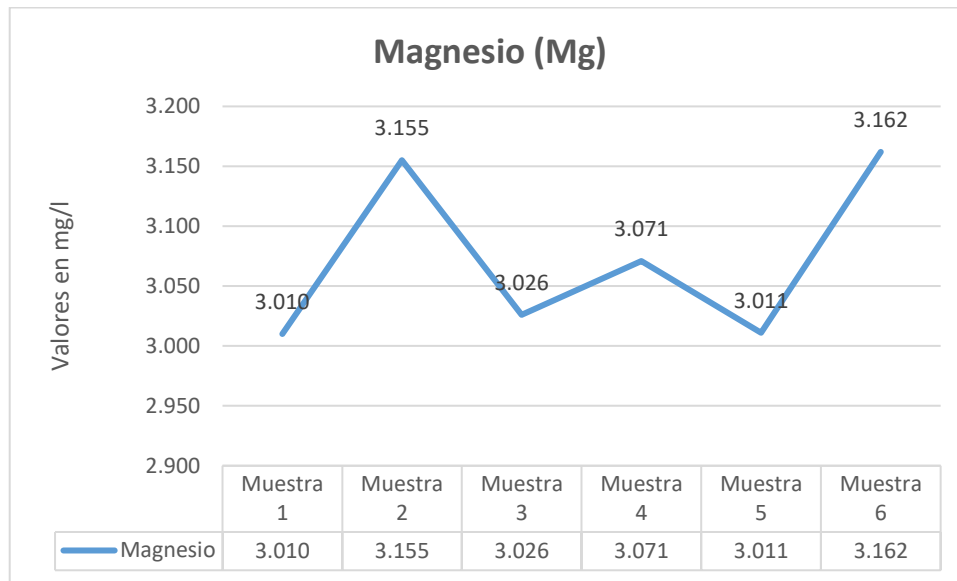
**Figura 15. Determinación de Cobalto**

#### **Discusión del Cobalto:**

Los resultados obtenidos de cobalto en las muestras del recurso hídrico subterráneo de seis (6) pozos, fueron en promedio en rango de un máximo de 0.031 mg/l en la muestra 2 a un mínimo de 0.027 mg/l en la muestra 3, de acuerdo a la figura 15.

La determinación del cobalto no presento diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.015029$ ).

#### 4.4.2.10 Magnesio.



**Figura 16. Determinación de Magnesio**

#### **Discusión del Magnesio:**

Los resultados obtenidos de magnesio en las muestras del recurso hídrico subterráneo de 6 pozos, fueron en promedio en rango de un máximo de 3.162 mg/l en la muestra 6 a un mínimo de 3.010 mg/l en la muestra 1, según la figura 16.

La determinación del magnesio no presenta diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.070242$ )

(Werner, 1996) Menciona que las condiciones para la disolución en el agua subterránea: Como las del Ca. Sin embargo, la solubilidad de carbonato de Mg es mucho mayor que la de carbonato de Ca. No obstante, la concentración de  $Mg^{+2}$  en aguas subterráneas normalmente es menor que la del  $Ca^{+2}$  por:

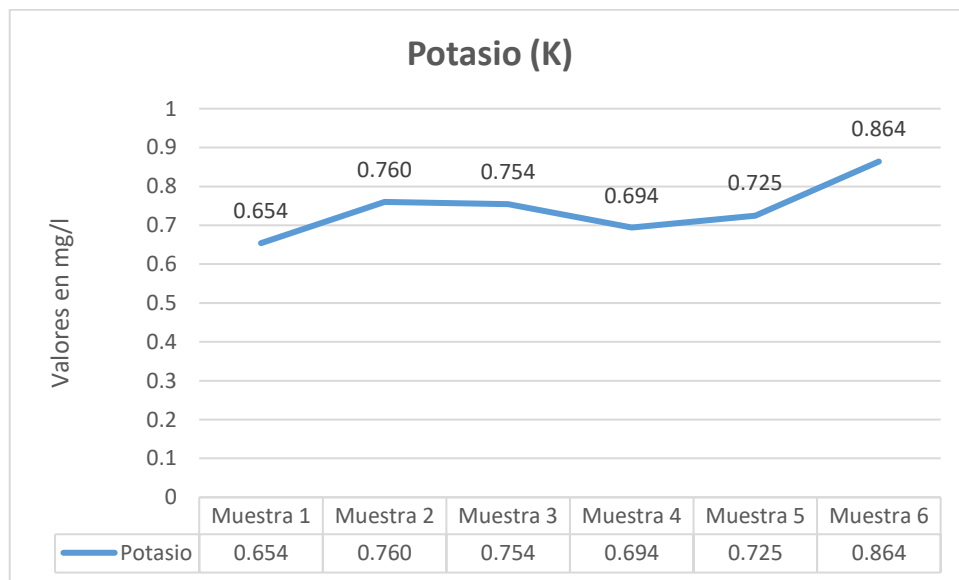
- la abundancia de Ca en la corteza terrestre (Mg no existe en feldespatos)
- la solubilidad lenta de dolomía (no obstante, de que el agua del mar contiene 5 veces más  $Mg^{+2}$  que  $Ca^{+2}$ ).



Además, menciona que rocas ricas en Mg como acuíferos pueden causar concentraciones del  $Mg^{+2}$  más altas que del  $Ca^{+2}$ . De acuerdo a la indicado por (Werner, 1996), los resultados del presente trabajo muestran que concentraciones de  $Mg^{+2}$  son más alta que las concentraciones de  $Ca^{+2}$  (ver figura 14).

*Rango de concentraciones:* normalmente 1 - 40 mg/l, en acuíferos de rocas ricas en Mg: hasta 100 mg/l.

#### 4.4.2.11 Potasio.



**Figura 17. Determinación de Potasio**

#### **Discusión del Potasio:**

Los resultados obtenidos del potasio en las muestras del recurso hídrico subterráneo de 6 pozos, fueron en promedio en rango de un máximo de 0.864 mg/l en la muestra 6 a un mínimo de 0.654 mg/l en la muestra 1.

La determinación del potasio no presento diferencia estadística significativa entre las muestras del recurso hídrico de pozos del distrito de Vicco ( $S=0.071678$ )

(Pulido Carrillo, 1978) Menciona que su presencia se debe a productos que se forman en la descomposición meteórica de las ortoclasas, silvina y nitrato potásico.

Se encuentra en el agua natural en proporción inferior a diez veces el sodio, motivado por la introducción del sodio en la estructura de algunas arcillas y a la resistencia meteórica de los elementos que lo contienen. El grado de solubilidad de las sales potásicas es tan elevado como el de las sales sódicas. La concentración normal en aguas subterráneas suele ser inferior a 10 ppm., siendo frecuente entre 1 y 5 ppm.

(Werner, 1996) Indica que a pesar de su gran presencia en la corteza terrestre y de su alta solubilidad, el  $K^+$  se encuentra en una concentración de más o menos diez veces inferior al del  $Na^+$ , hecho que se debe en primer lugar a su fijación firme en la estructura de las arcillas.

*Rango de concentraciones:* Mismo orden de magnitud que  $Na^+$ : sin embargo, la mayoría de las aguas subterráneas contiene menos de 10 mg/l de  $K^+$ .

#### ***4.4.2.12 Cloro, Nitratos, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio,***

***Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Manganeso, Molibdeno, Selenio,***

***Cinc***

Para las concentraciones de:  $NO_3$ , Al, Sb, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Se y Zn de las muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido mediante pozos, se encontraron debajo del límite de cuantificación del equipo respectivamente, según muestra la tabla 21. Los elementos mencionados se encuentran dentro de los parámetros del Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA

- (Pulido Carrillo, 1978) Menciona que las concentraciones normales de  $\text{NO}_3^-$  oscilan entre 0,10 y 30 ppm valores superiores a 60 ppm ponen en manifiesto contaminación probablemente orgánica.
- (Custodio Gimena & Llamas Madurga, Hidrología Subterránea, 1996) Menciona que el aluminio es muy difícil de poner en solución y queda fuertemente retenido en las arcillas. Es fácilmente hidrolizable y anfótero. Solo existe en cantidades importantes como  $\text{Al}^{+++}$  en aguas muy acidas o como  $\text{Al}_2\text{O}_4^-$  o  $\text{Al}_2\text{O}_4\text{H}^-$  en aguas básicas, en cuyo caso puede producir alguna alcalinidad. En general entre 0,005 y 0.3 ppm pudiendo llegar muy extraordinariamente a 100 ppm en aguas muy acidas.
- (Werner, 1996) Menciona, donde existe una zona de aeración, la concentración del hierro en el agua subterránea está baja.
- (OMS, 2006) Indica que el mercurio inorgánico está presente en aguas superficiales y subterráneas, en concentraciones generalmente menores que 0,5  $\mu\text{g/l}$ , aunque pueden darse concentraciones mayores en aguas subterráneas por la presencia en la zona de yacimientos de menas de mercurio y el valor de referencia 0,006  $\text{mg/l}$  para el mercurio inorgánico
- (Werner, 1996) Menciona que junto con el hierro muchas veces se observa el Manganese ( $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+4}$ ), que tiene propiedades geoquímicas muy similares al hierro. Los óxidos del manganeso de valencias elevadas tienen color negro. Las concentraciones del Mn en el agua subterránea son menores a las del Fe.
- (OMS, 2006) Indica que hay manganeso de origen natural en muchas fuentes de aguas superficiales y subterráneas, sobre todo en condiciones anaerobias o de micro oxidación, y es la fuente más importante de manganeso en el agua

de consumo, aunque la mayor exposición proviene, habitualmente, de los alimentos.

- (OMS, 2006) Manifiesta que las concentraciones de molibdeno en el agua de consumo generalmente son menores que 0,01 mg/l, aunque se han descrito concentraciones de hasta 200 µg/l en zonas cercanas a explotaciones mineras.

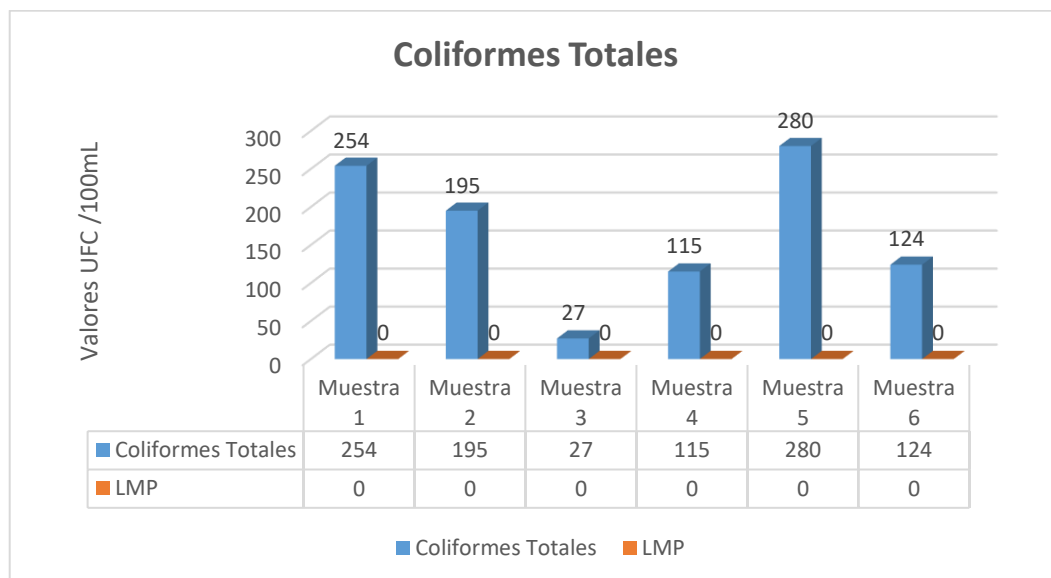
#### ***4.4.2.13 Plata, Berilio, Bismuto, Fosforo, Escandio, Estaño, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Wolframio, Itrio, Circonio.***

Para las concentraciones de Ag, Be, Bi, P, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, v, W, Y, Zr de las muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido mediante pozos, se encontraron debajo del límite de detección del equipo respectivamente, según muestra la tabla 21. Los elementos mencionados no se encuentran dentro de los parámetros del Reglamento de la calidad de agua para el consumo humano D.S. N° 031-2010 DIGESA y la (OMS, 2006) indica que:

- No hay datos suficientes para calcular un valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la plata en el agua de consumo
- Berilio, no es probable su presencia en agua de consumo

## 4.4.3 DISCUSIÓN DE RESULTADOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

### 4.4.3.1 Coliformes Totales



**Figura 18. Determinación de Coliformes Totales**

#### **Discusión de Coliformes Totales:**

El recuento de coliformes totales en las seis (6) muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido mediante pozos artesanales procedentes del distrito de Vicco, se observa presencia de bacterias coliformes totales, tal como se aprecia en los resultados de análisis microbiológico de aguas, los mismos que superan el límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).

Asimismo, el resultado de bacterias coliformes totales en la muestra 3 se encuentra dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional (D.S. N° 004-2017-MINAM).

(OMS, 2006) Describe que las bacterias coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Además, menciona que las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida E. coli) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas.

*Relevancia de su presencia en el agua de consumo.* La presencia de coliformes totales en sistemas de distribución y reservas de agua almacenada puede revelar una re proliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas.

La presencia de coliformes totales en las muestras de agua subterránea, posiblemente se deba a la presencia de corrales de dormitorio para ganado ovino y letrinas de hoyo en el suelo contiguo al área muestreada, según muestran las fotografías 1 y 2.



*Fotografía 1. Dormidero de ganados, contiguos a ubicación de pozo*

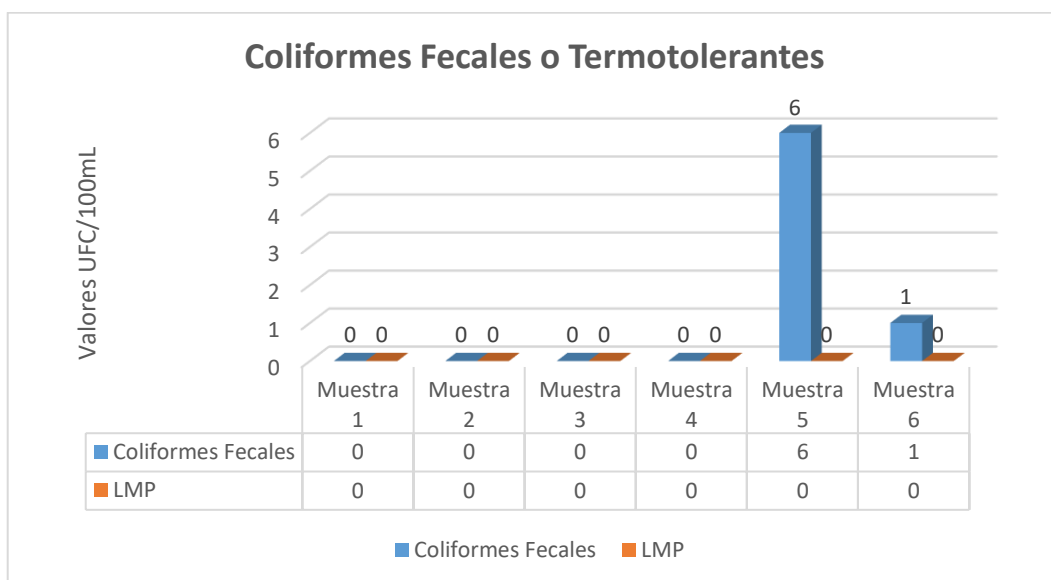
Muestra N° 4



*Fotografía 2. Letrina de hoyo, contiguo a ubicación de pozo muestreado*

Muestra N° 1

#### 4.4.3.2 Coliformes Fecales o Termotolerantes.



**Figura 19. Determinación de Coliformes Fecales**

#### **Discusión de Coliformes Fecales o Termotolerantes:**

El recuento de coliformes fecales en cuatro (4) muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido de pozos procedentes del distrito de Vicco, hay ausencia de bacterias coliformes fecales, los resultados de las muestras 1, 2, 3 y 4 se encuentran dentro del límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).

El recuento de coliformes fecales en dos (2) muestras del recurso hídrico subterráneo obtenido de pozos procedentes del distrito de Vicco, hay presencia de bacterias coliformes fecales, los resultados de las muestras 5 y 6 superan el límite máximo permisible según el Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano D.S. N° 031-2010 DIGESA (0 UFC/100ml).



Asimismo, el resultado en las (6) seis muestras para bacterias coliformes fecales se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional (D.S. N° 004-2017-MINAM).

(OMS, 2006) Menciona Las bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45°C se conocen como coliformes termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es *Escherichia*. Además, menciona que hay grandes cantidades de *Escherichia coli* en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal. Es muy poco probable que la disponibilidad de nutrientes y la temperatura del agua en los sistemas de distribución de agua de consumo favorezcan la proliferación de estos microorganismos.

*Relevancia de su presencia en el agua de consumo.* La presencia de *E. coli* (o bien de coliformes termotolerantes) es un indicio de contaminación fecal reciente, por lo que tras su detección debería considerarse la toma de medidas adicionales, como la realización de muestreos adicionales y la investigación de las posibles fuentes de contaminación, como un tratamiento inadecuado o alteraciones de la integridad del sistema de distribución.

La presencia de coliformes fecales en las muestras N° 5 y 6 de agua subterránea, posiblemente se deba a la presencia de letrinas de pozo y corral para ganado ovino cerca al área muestreada.



*Fotografía 3. Letrina de hoyo y dormitorio de ovinos, contiguos a pozo*

Muestra N° 5



*Fotografía 4. Letrina de hoyo contiguo a pozo muestreado*

Muestra N° 6

## CONCLUSIONES

1. La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, provincia y departamento de Pasco, en el presente no garantiza su consumo, debido a que exceden los límites máximos permisibles de parámetros químicos: níquel y plomo y los parámetros microbiológicos: coliformes totales y fecales, en algunos puntos de muestro.
2. Los resultados obtenidos en laboratorio de parámetros físicos evaluados (turbidez, conductividad y temperatura) en el total de muestras analizadas no exceden los LMP, se consideran Apto para consumo humano.
3. Los resultados obtenidos en laboratorio de parámetros químicos (pH, cloro residual, metales pesados: aluminio, antimonio, arsénico, bario, cadmio, cromo, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, sodio, selenio y zinc se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, se consideran aptos para consumo humano. Excepto al níquel que excede ligeramente el LMP en tres puntos de muestreo (M-1, M-4 y M-6); y el plomo que supera ligeramente el LMP en dos puntos de muestreo (M-2 y M-3). Considerándose No Apto para consumo humano. Para el caso específico del níquel al emplear como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional, el níquel no excede el estándar establecido mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

4. Los resultados obtenidos en laboratorio de parámetros microbiológicos evaluados: Coliformes totales superan los LMP, considerándose No Apto para consumo humano. Y para coliformes fecales exceden en dos puntos de muestreo (M-5 y M-6), considerándose agua No Apto para consumo humano. Al emplear como referencia los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua de la Subcategoría A-A1 de la Categoría 1: Poblacional y recreacional, el recuento de bacterias coliformes totales en el punto de muestreo (M-3) y recuento de bacterias coliformes fecales en los seis puntos de muestro no supera el estándar establecido mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

## RECOMENDACIONES

1. Repetir análisis en época seca y época húmeda por ser sistemas hidrodinámicos, y probablemente los resultados de la calidad del recurso hídrico subterráneo varíen en diferentes estaciones.
2. Para determinar la calidad de recurso hídrico subterráneo es necesario también realizar análisis del suelo (litología del suelo) y profundizar estudios hidrológicos y geológicos en la zona de investigación para determinar con mayor precisión la presencia de contaminantes acumulables como es el caso del plomo.
3. Las entidades encargadas del suministro de agua, deberían establecer un sistema de monitoreo para la determinación periódica de la calidad del agua para consumo humano, a fin de adoptar medidas de mejoramiento de la calidad del recurso hídrico subterráneo.
4. Se debe tener en consideración los valores obtenidos, para implementar un sistema de desinfección del agua de pozos artesanales por parte de las instituciones involucradas, con la finalidad de no poner en riesgo la salud de la población usuaria de este recurso, se debe promover capacitaciones a la población del distrito, a fin de conservar, valorar y brindar cultura hídrica a las familias abastecidas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANA. (2014). *Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos en el Perú 2000-2012*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/ANA/212/ANA0000028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANA. (Mayo de 2018). Metodología para la determinación del índice de calidad de agua ICA-PE, aplicado a los cuerpos de agua continentales superficiales. *1*, 19, 23. Lima, Lima, Peru. Recuperado el 5 de Setiembre de 2019, de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/2440>
- Auge, M. (2008). *Hidrogeología Ambiental*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/HidroGeoAmb.pdf>
- Barrenechea Martel, A. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida*. Lima, Lima , Perú: CEPIS/OPS. Recuperado el 11 de junio de 2019, de [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1\\_tomo1\\_indice.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/ma1_tomo1_indice.pdf)
- Belizario, E. (2011). Evaluación de la calidad de agua subterránea para fines de consumo humano de la comunicadad Carata del distrito de Coata. Puno, Puno, Perú. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5422>
- Bernex, N., Caillaux, V. C., Cabezas , C., Solís, R. S., Roca, F., Durand, M., . . . Kuroiwa, J. (2015). *Desafíos del Agua Urbana en las Américas*.
- Collazo, M. P., & Montaña, J. (2012). *Manual de Agua Subterránea* (Primera ed.). Montevideo, Uruguay: Denad Internacional S.A. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de <http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/Tema%2011b.pdf>
- Curo, M. (21 de setiembre de 2017). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua de pozos con fines de consumo humano en el distrito de Huata - Puno, 2016. 78. Puno, Puno, Perú. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5325>

- Custodio Gimena , E., & Llamas Madurga, M. R. (1983). *Hidrología Subterránea* (Segunda ed., Vol. II). Barcelona, España: Omega S.A. Recuperado el 2019
- Custodio Gimena , E., & Llamas Madurga, M. R. (1996). *Hidrología Subterránea* (Segunda ed.). Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A. Recuperado el 22 de mayo de 2019
- Cutimbo, C. (2012). Calidad bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano en centros poblados menores de La Yarada y Los Palos del distrito de Tacna. Tacna, Tacna, Perú. Recuperado el 09 de octubre de 2014, de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1929>
- De Bustamante, I., Corvea, J. L., & Sanz, J. M. (2005). *Recursos Hídricos*. (C. Díaz, M. V. Esteller, & F. López , Edits.) Uruguay: Piriguazú Ediciones. Obtenido de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>
- Decreto Legislativo N° 1055. (27 de Junio de 2008). Lima, Lima, Perú. Recuperado el 4 de Setiembre de 2019
- Espinoza, A. C., Aguilar, M. d., & Mazari, M. (2010). *Calidad del Agua. Un enfoque multidisciplinario* (Primera ed.). México. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://ru.iiec.unam.mx/65/1/CalidadAguaImpr.pdf>
- Esteller, M. V., Morell, I., & Galárraga, R. (2005). *Recursos Hídricos*. (C. Díaz, M. V. Esteller, & F. López, Edits.) Uruguay. Recuperado el 24 de marzo de 2019, de <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/rh01/rh01.pdf>
- Flores, J. C. (2016). Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca. 99. Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1298>
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M., & Paris, M. (2002). *Protección de la Calidad del Agua Subterránea* (Primera ed.). Washington, Estados Unidos . Recuperado el 22 de marzo de 2019, de [http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/336486-1175813625542/Sp\\_Groundwaterquality\\_web.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTWRD/Resources/336486-1175813625542/Sp_Groundwaterquality_web.pdf)

- García, M., & Fernández, Á. E. (2008). *Hidrogeología básica Las aguas Subterráneas y su flujo* (Segunda ed.). FIEC. Recuperado el 23 de marzo de 2019
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed.). México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- INEI. (Noviembre de 2017). *Compendio Estadístico Pasco, 2017*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Cerro de Pasco. Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1504/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1504/libro.pdf)
- INGEMMET. (s.f.). *Mapa Hidrogeológico*. Obtenido de [ingemmet.gob.pe](http://ingemmet.gob.pe): <https://www.ingemmet.gob.pe/mapa-hidrogeologico>
- ISM. (26 de septiembre de 2016). Gestión Integral del Agua . *Monitoreo de la Calidad del Agua* . Madrid, España. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de <http://www.ismedioambiente.com/agenda/monitoreo-de-la-calidad-del-agua>
- Laboratorio de control ambiental DIGESA-MINSA. (04 de Abril de 2017). Listado de requisitos para recepción de muestras de aguas naturales, aguas residuales, agua para uso y consumo humano, aguas salinas y agua de proceso. *Listado de requisitos para recepción de muestras de agua*. Lima, Perú.
- Lainez, K. S. (septiembre de 2012). Evaluación de la calidad microbiológica del agua de pozos de la colonia La Carmenza, municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel. San Miguel, El Salvador. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2231/1/III\\_EVALUACION.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2231/1/III_EVALUACION.pdf)
- Ley N° 28611, Ley General del Ambiente. (13 de Octubre de 2005). Lima, Lima, Perú. Recuperado el 4 de Setiembre de 2019
- López, J. A., Fornés, J. M., Ramos, G., & Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo* (Cuarta ed.). Madrid, España: Grupo Industrial de Artes Gráficas Ibersaf Industrial, S. L. Recuperado el 22 de marzo de 2019



- Márquez Fernández, A. (Octubre/Diciembre de 2001). La ética del investigador frente a la producción y difusión del conocimiento científico. *Revista Venezolana de Gerencia*, 6(16), 640. Recuperado el 4 de Setiembre de 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/290/29061608.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Económico, Organización Panamericana de la Salud & Banco Mundial. (2000). *Tecnologías apropiadas en agua potable y saneamiento básico*. Obtenido de [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales\\_Guias\\_LibrosDW/Desastres\\_emergencias/who\\_91s-2.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/Manuales_Guias_LibrosDW/Desastres_emergencias/who_91s-2.pdf)
- Ministerio de Salud. (25 de Setiembre de 2010). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. Lima, Lima, Perú.
- Ministerio de Salud. (24 de setiembre de 2015). Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. 7-8. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 30 de marzo de 2019
- OMS. (2006). *Guías para la Calidad de Agua Potable* (Tercera ed., Vol. 1). Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de [http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506\\_Title\\_to\\_Chapter\\_3\\_S\\_Final.pdf](http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ%20OMS%20en%20Esp/gdwq0506_Title_to_Chapter_3_S_Final.pdf)
- OMS. (12 de julio de 2017). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 16 de abril de 2019, de <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
- OMS. (s.f.). *World Health Organization*. Recuperado el 27 de marzo de 2019, de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/es/)
- Ortiz, H. B. (2015). Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani - Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna 2015. 88. Tacna, Tacna, Perú. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1954>

- Pacheco, S. S. (2005). *Recursos Hídricos*. (C. Díaz , M. V. Esteller , & F. López, Edits.) Uruguay: Piriguazú Ediciones.
- Peña Laureano, F. (diciembre de 2012). Las aguas subterráneas en el Perú. (F. Peña Laureano, Ed.) *INGEMMET 2012 Año exitoso para el INGEMMET*, 15-23. Obtenido de [http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/280835/Revista\\_Diciembre\\_2012.pdf/b4654e5f-8faf-4848-a1be-f8b5c9909bc0](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/280835/Revista_Diciembre_2012.pdf/b4654e5f-8faf-4848-a1be-f8b5c9909bc0)
- Pulido Carrillo, J. L. (1978). *Hidrogeología Práctica* (Primera Edición en Español ed.). Espartero, Bilbao, España : Urmo, S.A. De Ediciones . Recuperado el 22 de mayo de 2019
- Sierra Bravo, R. (2003). *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica* (Paraninfo S.A. ed.). Madrid , España .
- SUNASS. (2004). La calidad del agua potable en el Perú. *La calidad del agua potable en el Perú - SUNASS*, 253, 255. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 5 de setiembre de 2019, de [https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua\\_potable.pdf](https://www.sunass.gob.pe/Publicaciones/agua_potable.pdf)
- The World Bank. (01 de marzo de 2005). Kenya - The role of groundwater in the water-supply of greater Nairobi. Washington D.C., Estados Unidos. Recuperado el 25 de octubre de 2014, de <http://www.worldbank.org/en/topic/water>
- UNESCO. (s.f.). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura* . Obtenido de <https://es.unesco.org/themes/garantizar-suministro-agua/hidrologia/escasez-calidad>
- Vara Horna, A. A. (2012). *Desde la idea hasta la sustentación: 7 Pasos para una tesis exitosa* (Tercera ed.). Lima, Lima, Perú. Recuperado el 10 de Setiembre de 2019
- Vera Torres , J. A. (1994). *Estratigrafía Principios y Métodos*. Madrid, España: Rueda. Recuperado el 14 de junio de 2019
- Werner, J. (1996). *Introducción a la Hidrogeología* (Primera ed.). Linares, Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado el 22 de marzo de 2019

World Health Organization. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum* (Cuarta ed.). Ginebra, Suiza. Recuperado el 27 de marzo de 2019, de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254637/9789241549950-eng.pdf?sequence=1>

World Health Organization. (2017). *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 . update and SDG baselines*, World Health Organization (WHO) and the United Nations Children's Fund (UNICEF), Geneva. Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de <http://apps.who.int/iris>.

# **ANEXOS**

## REGISTRO FOTOGRÁFICO



*Fotografía 5. Vista exterior de un pozo artesanal del distrito de Vicco*

Pozo muestreado N° 6

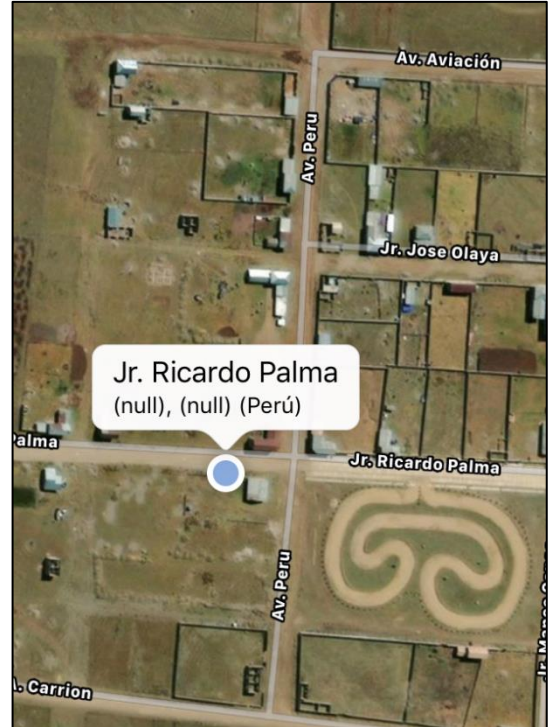


*Fotografía 6. Toma de muestra, uso de cordón de nylon*

Pozo muestreado N° 5



**Fotografía 7. Referenciado del punto de muestreo**  
Pozo muestreado N° 4



**Fotografía 8. Mapa Satelital del punto de monitoreo**  
Pozo muestreado N° 6



**Fotografía 9. Fijando cubierta protectora de papel kraft**  
Pozo muestreado N° 2



**Fotografía 10. Entrega de muestras al laboratorio de DIRESA-Pasco**  
Pozos muestreados N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6



**Fotografía 11. Vista interior de pozo artesanal**  
Pozo muestreado N° 1



**Fotografía 12. Toma de muestra de parámetros de campo**  
Pozo muestreado N° 1



**Fotografía 13. Desechado del agua de enjuague de frascos de muestreo**  
Pozo muestreado N° 3



**Fotografía 14. Adición de preservantes a muestras de agua recolectada**  
Pozo muestreado N° 3



**Fotografía 15. Equipos portátiles para medición de parámetros de campo**  
Pozos muestreados N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6



**Fotografía 16. Cooler conteniendo muestras (parámetros químicos)**  
Pozos muestreados N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6

# LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES - D.S N° 031-2010-SA

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



## Decreto Supremo

Lima, ..... de..... del.....

### APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el numeral 22 del artículo 2° concordante con el artículo 7° de la Constitución Política del Perú, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como el deber de contribuir a su promoción y defensa;

Que, el artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;



Olivera A.



D. L. C.



De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8 del artículo 118° de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 26842 – Ley General de Salud, y la Ley N° 29158 – Ley Orgánica del Poder Ejecutivo;

**DECRETA:**

**Artículo 1°- Aprobación**

Apruébese el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, que consta de diez (10) títulos, ochenta y un (81) artículos, doce (12) disposiciones complementarias, transitorias y finales, y cinco (05) anexos, cuyos textos forman parte integrante del presente Decreto Supremo.

El presente Decreto Supremo con el texto del Reglamento y sus anexos deberán ser publicados en el Portal Institucional del Ministerio de Salud (<http://www.minsa.gob.pe>) el mismo día de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.



M. Alce R.

**Artículo 2°- Derogación**

A la entrada en vigencia del presente dispositivo legal, quedará derogada la Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946 que aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", así como toda aquella disposición que se le oponga.



E. CRUZ S.

**Artículo 3°- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Salud y de Vivienda, Construcción y Saneamiento.



W. Olivera A.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veinticuatro días del mes de septiembre del año dos mil diez.



D. León Ch.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ  
Ministro de Salud



JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS  
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeseo	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

<b>Parámetros Inorgánicos</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1. Antimonio	mg Sb L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico ( <b>nota 1</b> )	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro ( <b>nota 2</b> )	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Clorito	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitritos	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

# ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL - D.S. N° 004-2017-MINAM

## Categoría 1: Poblacional y Recreacional

### Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 500	1 600	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (d)	mg/L	3	3	**
Amoniaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos Totales de Petróleo (C <sub>8</sub> - C <sub>30</sub> )	mg/L	0,01	0,2	1,0
Trihalometanos	( e )	1,0	1,0	1,0
Bromoformo	mg/L	0,1	**	**
Cloroformo	mg/L	0,3	**	**
Dibromoclorometano	mg/L	0,1	**	**
Bromodoclorometano	mg/L	0,06	**	**
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>				
1,1,1-Tricloroetano	mg/L	0,2	0,2	**
1,1-Dicloroetano	mg/L	0,03	**	**
1,2 Dicloroetano	mg/L	0,03	0,03	**
1,2 Diclorobenceno	mg/L	1	**	**
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	**
Tetracloroetano	mg/L	0,04	**	**
Tetracloruro de carbono	mg/L	0,004	0,004	**
Tricloroetano	mg/L	0,07	0,07	**
<b>BTEX</b>				
Benceno	mg/L	0,01	0,01	**
Etilbenceno	mg/L	0,3	0,3	**
Tolueno	mg/L	0,7	0,7	**
Xilenos	mg/L	0,5	0,5	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>				
Benzo(a)pireno	mg/L	0,0007	0,0007	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,009	0,009	**
<b>Organofosforados</b>				
Malatión	mg/L	0,19	0,0001	**
<b>Organoclorados</b>				
Aldrín + Dieldrín	mg/L	0,00003	0,00003	**
Clordano	mg/L	0,0002	0,0002	**
Dicloro Difeníl Tricloroetano (DDT)	mg/L	0,001	0,001	**
Endrin	mg/L	0,0006	0,0006	**
Heptacloro + Heptacloro Epóxido	mg/L	0,00003	0,00003	**
Lindano	mg/L	0,002	0,002	**
<b>Carbamato</b>				
Aldicarb	mg/L	0,01	0,01	**
<b>II. CIANOTOXINAS</b>				
Microcistina-LR	mg/L	0,001	0,001	**
<b>III. BIFENILOS POLICLORADOS</b>				
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,0005	0,0005	**
<b>MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS</b>				
Coliformes Totales	NMP/100 ml	50	**	**
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	20	2 000	20 000
Formas Parasitarias	N° Organismo/L	0	**	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	0	**	**
<i>Vibrio cholerae</i>	Presencia/100 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos, en todos sus estadios evolutivos) (f)	N° Organismo/L	0	<5x10 <sup>6</sup>	<5x10 <sup>6</sup>

# COPIA DE RESULTADOS DE ENSAYO



GOBIERNO REGIONAL PASCO  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD PASCO  
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL  
"Año de la Lucha contra la Corrupción e Impunidad"



## ÁREA LABORATORIO DE CONTROL AMBIENTAL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS INFORME DE ENSAYO N° 033 – AC -2019

Solicitante : ELIDA CHAVEZ MAURICIO

Dirección : ASOCIACION DE COMPRADORES EL PORTAL DE SANTA CLARA Mz. A Lt. 27

### DATOS DEL MUESTREO

Proced. de las muestras: Subterráneo  
Localidad: Vicco  
Distrito: Vicco  
Muestreado por: Usuario

### CONTROL LABORATORIO

Fecha de recepción: 07/05/2019 16:40hrs.  
Fecha de inicio del ensayo: 07/05/2019 17:00hrs.

### RESULTADOS

CÓDIGO LABORATORIO	FECHA Y HORA DE MUESTREO	MUESTRA		ENSAYOS						
		Tipo	Punto de Muestreo	Coliformes totales 35°C (UFC/100 ml)	Coliformes fecales 44,5°C (UFC/100 ml)	pH	Cloro Residual (ppm)	Turbidez (UNT)	Conductividad (uS/cm)	Temperatura (°C)
6945	07/05/2019 14:40	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 1	254	<1	7.58	0.0	0.52	552	10.6
6946	07/05/2019 14:55	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 2	195	<1	7.46	0.0	0.36	517	11.6
6947	07/05/2019 15:09	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 3	27	<1	7.36	0.0	0.78	738	11.3
6948	07/05/2019 15:18	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 4	115	<1	7.77	0.0	0.50	486	11.5
6949	07/05/2019 15:28	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 5	280	6	7.68	0.0	0.99	426	11.3
6950	07/05/2019 15:34	Agua para Consumo Humano	Muestra N° 6	124	1	7.64	0.0	1.76	604	11.2

Método de Ensayo: Procedimiento de Análisis de Coliformes por Filtro de Membrana; basado en el Estándar Method for the examination of water and wastewater.

21 th Edition 2005 parte 9222B y 9222D

UNIDAD UFC (unidades Formadoras de Colonias).

Se recomienda clorar y/o hervir el agua antes de consumirla.

Cerro de Pasco, 22 de Mayo del 2019

MINISTERIO DE SALUD  
Dirección Regional de Salud - Pasco

AREA DE LABORATORIO  
LOIS A. GARDI MELGAREJO  
TEC. LABORATORISTA

GOBIERNO REGIONAL PASCO  
Vida DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD PASCO  
V.B. DIRECCION  
Ing. SILVIA S. SALVADOR SEMRANO  
DIRECTORA EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



Registro N° LE-047

## INFORME DE ENSAYO N° 104560-2018 CON VALOR OFICIAL

**RAZÓN SOCIAL** : ELIDA CHAVEZ MAURICIO  
**DOMICILIO LEGAL** : Asoc. De Compradores el Portal de Santa Clara Mz. A Lt. 27  
**REFERENCIA** : TESIS : "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICA DEL RECURSO HIDRICO SUBTERRANEO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE VICCO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO"  
**PROCEDENCIA** : VICCO - PASCO-PASCO  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2018-01-28  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 2018-02-04  
**MUESTREADAS POR** : Antonio Colqui Huaman Especialista de Salud Ambiental DIRESA Pasco  
 : Elida Chavez Mauricio Tesista

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C.	Unidades
Sólidos disueltos totales (TDS)	SM 2540 C. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.	4.0	mg/L
Sulfatos	SM 4500 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E. Sulfate. Turbidimetric Method.	1.00	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L
Dureza Total	SM 2340 C. Hardness. EDTA Titrimetric Method.	1.00	CaCO <sub>3</sub> mg/L
Nitratos	SM 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> B. Nitrogen (Nitrate). Ultraviolet Spectrophotometric Screening Method.	0.030	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L
Metales pesados (Aluminio, Arsenico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Mercurio, Potasio, Magnesio, Manganeso, Sodio, Niquel, Fosforo, Plomo, Escandio, Selenio, Estaño, Estroncio, Plata, Titanio, Talio, Vanadio, Wolframio, Itrio, Zinc, Zirconio).	EPA Method 200.7, Rev.4.4. EMMC Version. Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry. 1994	---	mg/L

L.C.: limite de cuantificación.

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua subterráneo	Agua subterráneo	Agua subterráneo	Agua subterráneo
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2018-01-28	2018-01-28	2018-01-28	2018-01-28
Hora de inicio de muestreo (h)	13:30	14:25	15:15	15:30
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Coordenadas UTM WGS 84	364917.54 8802003.02	364918.12 8801860.17	364893.74 8801133.21	364628.67 8800823.39
Altitud (msnm)	4108	4102	4096	4100
Código del Cliente	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 3	Muestra N° 4
Código del Laboratorio	SAG16071249/001	SAG16071249/002	SAG16071249/003	SAG16071249/004
Ensayos	Unidades	Resultados		
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	233	224	226
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	70	50	59
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	183	99	133
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<10	<10	<10

Producto declarado	Agua subterráneo	Agua subterráneo
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo	2018-01-28	2018-01-28
Hora de inicio de muestreo (h)	16:00	16:45
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Coordenadas UTM WGS 84	364917.54 8802003.02	364918.12 8801860.17
Altitud (msnm)	4108	4102
Código del Cliente	Muestra N° 5	Muestra N° 6
Código del Laboratorio	SAG16071249/005	SAG16071249/006
Ensayos	Unidades	Resultados
Sólidos disueltos totales (TDS)	mg/L	201
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/L	46
Dureza Total	CaCO <sub>3</sub> mg/L	244
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N mg/L	<10

*[Firma]*  
**Quím. Belbeth Y Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.Q.P N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442  
 Website www.sagperu.com Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com | laboratorio@sagperu.com

Página 1 de 3





**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



Registro N° LE - 047

**INFORME DE ENSAYO N° 104560-2018 CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Agua subterráneo	Agua subterráneo	Agua subterráneo	Agua subterráneo		
Matriz analizada	Agua natural	Agua natural	Agua natural	Agua natural		
Fecha de muestreo	2018-01-28	2018-01-28	2018-01-28	2018-01-28		
Hora de inicio de muestreo (h)	13:30	14:25	15:15	15:30		
Condiciones de la muestra	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada		
Coordenadas UTM WGS 84	364917.54 8802003.02	364918.12 8801860.17	364893.74 8801133.21	364628.67 8800823.39		
Altitud (msnm)	4108	4102	4096	4100		
Código del Cliente	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 3	Muestra N° 4		
Código del Laboratorio	SAG16071249/001	SAG16071249/002	SAG16071249/003	SAG16071249/004		
Ensayos	L.M.D.	Unidades	Resultados			
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	<0.037	<0.037	<0.037	<0.037
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Bario (Ba)	0.002	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Bismuto (Bi)	0.0170	mg/L	<0.017	<0.017	<0.017	<0.017
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	2.0540	2.4090	2.0350	2.6850
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.008	0.0310	0.0270	<0.008
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	<0.068	<0.068	<0.068	<0.068
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Potasio (K)	0.04	mg/L	0.6540	0.7600	0.7540	0.6940
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.0100	3.1550	3.0260	3.0710
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Sodio (Na)	0.02	mg/L	2.7230	4.4200	2.5620	3.3450
Níquel (Ni)	0.001	mg/L	0.0210	0.0180	0.0200	0.0220
Fósforo (P)	0.003	mg/L	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Plomo (Pb)	0.001	mg/L	<0.006	0.0120	0.0120	<0.006
Escandio (Sc)	0.006	mg/L	<0.007	<0.007	<0.007	<0.007
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Estaño (Sn)	0.001	mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Plata (Ag)	0.001	mg/L	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009
Titanio (Ti)	0.000	mg/L	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.008	<0.008	<0.008	<0.008
Vanadio (V)	0.000	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Wolframio (W)	0.006	mg/L	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006
Ytrio (Y)	0.004	mg/L	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Zirconio (Zr)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003

L.D.M.: Límite de detección del método

*[Firma]*  
**Quim. Belbeth Y Fajardo León**  
Director Técnico  
C.Q.P N° 648  
Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS WORKING FOR YOU**

Cod.: FI 02/Versión: 06/FE/05/2015

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Página 2 de 3

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Rios Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442  
Website [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com) | [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com)

**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



Registro N° LE-047

**INFORME DE ENSAYO N° 104560-2018  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado			Agua subterráneo	Agua subterráneo
Matriz analizada			Agua natural	Agua natural
Fecha de muestreo			2018-01-28	2018-01-28
Hora de inicio de muestreo (h)			16:00	16:45
Condiciones de la muestra			Refrigerada / preservada	Refrigerada / preservada
Coordenadas UTM WGS 84			364917.54 8802003.02	364918.12 8801860.17
Altitud (msnm)			4108	4102
Código del Cliente			Muestra N° 5	Muestra N° 6
Código del Laboratorio			SAG16071249/005	SAG16071249/006
Ensayos	L.D.M	Unidades	Resultados	
Aluminio (Al)	0.01	mg/L	<0.037	<0.037
Antimonio (Sb)	0.002	mg/L	<0.008	<0.008
Arsénico (As)	0.001	mg/L	<0.004	<0.004
Bario (Ba)	0.002	mg/L	<0.003	<0.003
Berilio (Be)	0.0003	mg/L	<0.006	<0.006
Bismuto (Bi)	0.0170	mg/L	<0.017	<0.017
Calcio (Ca)	0.05	mg/L	2.2450	2.1250
Cadmio (Cd)	0.0004	mg/L	<0.005	<0.005
Cobalto (Co)	0.0005	mg/L	<0.008	<0.008
Cromo (Cr)	0.0004	mg/L	<0.007	<0.007
Cobre (Cu)	0.0007	mg/L	<0.006	<0.006
Hierro (Fe)	0.002	mg/L	<0.068	<0.068
Mercurio (Hg)	0.001	mg/L	<0.004	<0.004
Potasio (K)	0.04	mg/L	0.7250	0.8640
Magnesio (Mg)	0.04	mg/L	3.0110	3.1620
Manganeso (Mn)	0.0005	mg/L	<0.009	<0.009
Molibdeno (Mo)	0.002	mg/L	<0.006	<0.006
Sodio (Na)	0.02	mg/L	2.7260	4.3210
Níquel (Ni)	0.001	mg/L	0.0190	0.0210
Fósforo (P)	0.003	mg/L	<0.010	<0.010
Plomo (Pb)	0.001	mg/L	<0.007	0.0100
Escandio (Sc)	0.006	mg/L	<0.007	<0.007
Selenio (Se)	0.003	mg/L	<0.004	<0.004
Estañio (Sn)	0.001	mg/L	<0.020	<0.020
Estroncio (Sr)	0.001	mg/L	<0.005	<0.005
Plata (Ag)	0.001	mg/L	<0.009	<0.009
Titanio (Ti)	0.000	mg/L	<0.020	<0.020
Talio (Tl)	0.003	mg/L	<0.008	<0.008
Vanadio (V)	0.000	mg/L	<0.005	<0.005
Wilframo (W)	0.006	mg/L	<0.006	<0.006
Ytrio (Y)	0.004	mg/L	<0.004	<0.004
Zinc (Zn)	0.002	mg/L	<0.005	<0.005
Zirconio (Zr)	0.003	mg/L	<0.003	<0.003

L.D.M.: Límite de detección del método

Lima, 15 de Febrero del 2018

*Quim. Belbeth Y Fajardo León*  
**Quim. Belbeth Y Fajardo León**  
 Director Técnico  
 C.Q.P N° 648  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU**

Cod.: F102/Version: 06/FEC: 09/2015

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**  
 Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 - Urb. Chacra Ríos Norte - Lima 01 - Perú. Central Telefónica (511) 425-7227 - 425-6885 - 425-5564 - 425 - 6047 | MÓVIL 994 976 442  
 Website [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com) | [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com)

Página 3 de 3

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS <b>Problema General</b>	OBJETIVOS <b>Objetivo General</b>	HIPÓTESIS <b>Hipótesis General</b>
<p>¿Cuál es la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?</p>	<p>Evaluar la calidad física, química y microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.</p>	<p>La calidad del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco, cumplen con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acorde a los límites máximos permisibles.</p>
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicos</b>
<p>1. ¿Cuál es la calidad física del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?</p> <p>2. ¿Cuál es la calidad química del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?</p> <p>3. ¿Cuál es la calidad microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco?</p>	<p>1. Evaluar la calidad física del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.</p> <p>2. Evaluar la calidad química del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.</p> <p>3. Evaluar la calidad microbiológica del recurso hídrico subterráneo como fuente de abastecimiento para consumo humano en el distrito de Vicco.</p>	<p>1. Los parámetros físicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.</p> <p>2. Los parámetros químicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.</p> <p>3. Los parámetros microbiológicos del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Vicco, cumplen con los límites máximos permisibles de calidad de agua para consumo humano.</p>

## COPIA DE CERTIFICADOS DE ACREDITACIÓN

# Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en ejercicio de las atribuciones conferidas por Ley N° 30224, Ley de Creación del INACAL, y conforme al Reglamento de Organización y Funciones del INACAL, aprobado por DS N° 004-2015-PRODUCE y modificado por DS N° 008-2015-PRODUCE, **OTORGA** la presente Renovación de la Acreditación a:

## Servicios Analíticos Generales S.A.C.

En su calidad de **Laboratorio de Ensayo**

Servicios Analíticos Generales S.A.C.

Con base en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la norma NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración, para el alcance de la acreditación contenido en el formato DA-acr-05P-17F, facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Valor Oficial.

**Sede Acreditada:** . Naciones Unidas N° 1565, Urb. Chacra Ríos Norte, distrito de Cercado de Lima, provincia de Lima y departamento de Lima.

Fecha de Renovación: 17 de junio de 2016

Fecha de Vencimiento: 17 de junio de 2020

Registro N° LE - 047  
Fecha de emisión: 09 de agosto de 2016  
DA-acr-01P-02M Ver. 00

  
**Augusto Mello Romero**  
Director - Dirección de Acreditación






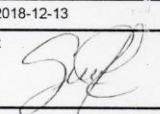
# COPIA DE CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0038-001-18

<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>										
EMPRESA:		DIRECCION REGIONAL DE SALUD PASCO								
DIRECCIÓN:		JR JOSE CARLOS MARIATEGUI N° 101, SAN JUAN								
TELÉFONO:		(063)597060								
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>										
EQUIPO:	BALANZA DE PRECISION	UNIDAD DE MEDIDA:	Gramos (g)							
MARCA:	DIGITAL PRECISION	RESOLUCIÓN (d):	0.01							
MODELO:	ES-200A	VALOR DE VERIFICACIÓN (e):	0.01							
SERIE:	CS13A0033	CAPACIDAD MÁXIMA:	200g							
CÓDIGO:	602206340005	CAPACIDAD MÍNIMA (OIML):	0.2g							
CLASE DE EXACTITUD (OIML):	II ALTA	UBICACIÓN:	LABORATORIO AMBIENTAL							
<b>PATRONES UTILIZADOS</b>										
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	CLASE	SERIE	FECHA CAL.	FECHA PRÓX. CAL.				
ELP.PC.005	JUEGOS DE PESAS	HAFNER	E2	1140618	2018-08-29	2019-08-28				
ELP.PT.010	BAROMETRO	CONTROL COMPANY	6530	150737028	2018-07-11	2019-07-11				
ELP.PT.008	TERMOHIGROMETRO	ELC	TH-0510	NO ESPECIFICA	2018-08-28	2019-02-28				
<b>CALIBRACIÓN</b>										
PROCEDIMIENTO:		PEC.ELP.01								
MÉTODO EMPLEADO:		COMPARACIÓN DIRECTA CON MASAS CERTIFICADAS PATRÓN								
CONDICIONES AMBIENTALES:		TEMPERATURA (°C): 10.0		HUMEDAD RELATIVA (%): 74.1						
		PRESIÓN ATMOSFÉRICA (hPa): 607								
<b>PRUEBA DE EXCENTRICIDAD</b>										
UBICACIÓN	INDICACIÓN	ERROR	E.M.P.	¿CUMPLE?						
No. 1	50.010	0.010	0.010	Cumple						
No. 2	50.000	0.000	0.010	Cumple						
No. 3	50.000	0.000	0.010	Cumple						
No. 4	50.010	0.010	0.010	Cumple						
No. 5	50.010	0.010	0.010	Cumple						
<b>PRUEBA DE LINEALIDAD / HISTÉRESIS</b>										
Nominal de masa	0	0.2	0.7	1.7	3.7	8.7	18.7	38.7	88.7	188.7
Masa certificada	0.0000	0.2000	0.7000	1.7000	3.7000	8.7000	18.7001	38.7001	88.7001	188.7001
Incertidumbre Patrón	0.00000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0006
Lectura balanza ↑	0.000	0.200	0.700	1.700	3.700	8.700	18.710	38.710	88.710	188.710
Lectura balanza ↓	0.000	0.210	0.710	1.710	3.710	8.710	18.710	38.710	88.710	188.710
Error de Histéresis	0.000	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
Error Ascendente ↑	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.010	0.010	0.010
Error Descendente ↓	0.000	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Error Máximo Permitido	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020
¿CUMPLE?	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
<b>PRUEBA DE REPETIBILIDAD</b>										
Nominal	200									
No. Pesada	Indicación									
No. 1	200.010									
No. 2	200.000									
No. 3	200.010									
No. 4	200.000									
No. 5	200.010									
No. 6	200.010									
E.M.P.	0.020									
MÁX-MÍN	0.010									
¿CUMPLE?	Cumple									
<b>INCERTIDUMBRES (Para el valor más alto de calibración)</b>										
Contribución a la incertidumbre por:	Tipo de Distribución:	Coefficiente de Sensibilidad	Incertidumbre Gramos (g)							
Repetibilidad	T de Students	1	0.00516							
Resolución	Rectangular	1	0.00289							
Excentricidad	Conv. rect/trian.	1	0.00470							
Linealidad	Gaussiana	1	0.00704							
Histéresis	Gaussiana	1	0.00000							
Deriva de los instrumentos	Rectangular	1	0.00013							
Efecto de convección	Rectangular	1	0.00002							
Peso Patrón/Densidad del aire	Gaussiana	1	0.00032							
<b>Incertidumbre Combinada</b>			<b>0.010</b>							
<b>Grados Efectivos de Libertad (v<sub>eff</sub>)</b>			<b>80</b>							
<b>Factor de Cobertura (k)</b>			<b>2.02</b>							
<b>INCERTIDUMBRE ALEATORIA (EXPANDIDA)</b>			<b>0.021</b>							
<b>DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD</b>										
La balanza cumple los requisitos 3.6.1 (Repetibilidad), 3.6.2 (Excentricidad) y 3.5 (Errores Máximos Permitidos) de la OIML R 76-1:2006										
<b>OBSERVACIONES</b>										
E.M.P. = Error Máximo Permitido por la OIML R 76-1:2006 La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura <b>k=2,00</b> , que para una distribución t (de Student) con $v_{eff} = \infty$ (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.										
<b>CALIBRACIÓN REALIZADA POR:</b> JOSE FERRO										
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b> 18 de Diciembre de 2018										
<b>AUTORIZADO POR:</b> Ing. Sabino Pineda GERENTE GENERAL			<b>RECIBIDO POR:</b>  RESPONSABLE - CLIENTE							

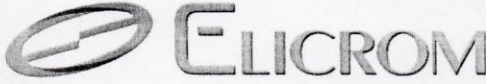




**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0038-005-18**

		 				
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE						
EMPRESA:	DIRECCION REGIONAL DE SALUD PASCO					
DIRECCIÓN:	JR JOSE CARLOS MARIATEGUI N° 101, SAN JUAN					
TELÉFONO:	(063)597060					
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO						
EQUIPO:	CONDUCTÍMETRO	CÓDIGO ASIGNADO:	NO APLICA			
MARCA:	HANNA	UNIDAD DE MEDIDA:	mS/cm ; µS/cm			
MODELO/TIPO:	HI8733	RESOLUCIÓN:	0,01 ; 1			
SERIE:	08332775	CAMPO DE MEDIDA:	(0 a 1999) µS/cm ; (0,0 a 199,9) mS/cm			
CÓDIGO:	602219170004	UBICACIÓN DEL EQUIPO:	NO ESPECÍFICA			
PATRONES UTILIZADOS						
CODIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	VENCE CAL.
ELP.MR.010	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CONDUCTIVIDAD 10000 µS/cm	CONTROL COMPANY	4068	CC17168	2018-05-08	2019-05-08
ELP.MR.008	SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE CONDUCTIVIDAD 1000 µS/cm	CONTROL COMPANY	4067	CC17071	2018-04-06	2019-04-06
ELP.PT.017	TERMÓMETRO DIGITAL	ELPRO	TN2	91840	2018-08-29	2019-08-29
ELP.PT.008	TERMOHIGRÓMETRO	ELC	TH-0510	NO ESPECÍFICA	2018-08-28	2019-02-28
CALIBRACIÓN						
MÉTODO: COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS						
PROCEDIMIENTO: PEC.ELP.12						
LUGAR DE CALIBRACIÓN: LABORATORIO 1 (ELICROM)						
CONDICIONES AMBIENTALES:		11.8 °C	71.1 %HR			
Temperatura (°C)	Unidad	Nominal	Equipo (y)	Valor MRC (x)	Error	Incertidumbre
25.3	µS/cm	1000	1015	1006	9	4.9
26.3	mS/cm	10.000	9.89	10.248	-0.36	0.41
Recta de Regresión: $y = 1,0097x - 0,4578$				; Coeficiente de Correlación: $r^2 = 1$		
MRC: Material de Referencia Certificado		NOTA: Promedio de 3 mediciones por cada punto				
OBSERVACIONES:						
<p>La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura <math>k=2,00</math>, que para una distribución t (de Student) con <math>\nu_{eff} = \infty</math> (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.</p> <p><b>NOTA IMPORTANTE:</b> De acuerdo al rango autorizado por el cliente para el ajuste (en caso de haberse realizado), se debe considerar la influencia que tiene esta compensación en valores diferentes a dicho rango. Por ejemplo, si el equipo fue ajustado en rango alto, los resultados obtenidos en rango bajo pueden verse afectados o viceversa. El laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento calibrado.</p>						
REALIZADO POR: José Ferro						
FECHA CALIBRACIÓN: 2018-12-13						
AUTORIZADO POR:		RECIBIDO POR:				
Ing. Sabino Pineda						
GERENTE GENERAL		RESPONSABLE - CLIENTE				

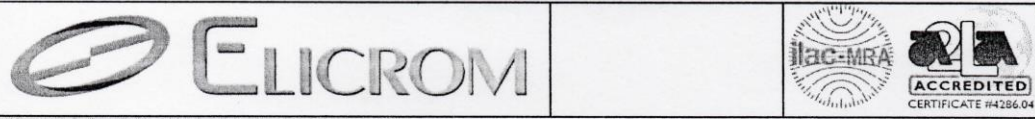


**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CCP-0038-006-01**

		 																												
<b>IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE</b>																														
<b>EMPRESA:</b>	DIRECCION REGIONAL DE SALUD PASCO																													
<b>DIRECCIÓN:</b>	JR JOSE CARLOS MARIATEGUI N° 101, SAN JUAN																													
<b>TELÉFONO:</b>	(063)597060																													
<b>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</b>																														
<b>EQUIPO:</b>	TURBIDÍMETRO	<b>CÓDIGO ASIGNADO:</b>	NO APLICA																											
<b>MARCA:</b>	VELP SCIENTIFICA	<b>UNIDAD DE MEDIDA:</b>	NTU																											
<b>MODELO/TIPO:</b>	TB1	<b>RESOLUCIÓN:</b>	0,01 ; 0,1																											
<b>SERIE:</b>	589996	<b>CAMPO DE MEDIDA:</b>	(0 a 1000) NTU																											
<b>CÓDIGO:</b>	602295540002	<b>UBICACIÓN DEL EQUIPO:</b>	NO ESPECÍFICA																											
<b>MATERIALES DE REFERENCIA UTILIZADOS</b>																														
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>N° CAT.</b>	<b>LOTE</b>	<b>FECHA CERT.</b>	<b>FECHA EXP.</b>																								
ELP.MR.022	TURBIDITY 10 NTU	SIGMA-ALDRICH	TURB10-1L	LRAB8005	2018-04-20	2020-02-28																								
ELP.MR.023	TURBIDITY 20,1 NTU	SIGMA-ALDRICH	TURB20-1L	LRAB7033	2017-12-18	2019-11-30																								
ELP.MR.024	TURBIDITY 100 NTU	SIGMA-ALDRICH	TURB100-1L	LRAB7095	2017-12-18	2019-12-31																								
<b>EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS</b>																														
<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SERIE</b>	<b>FECHA CAL.</b>	<b>VENCE CAL.</b>																								
ELP.PT.008	TERMOHIGRÓMETRO	ELC	TH-0510	NO ESPECIFICA	2018-08-28	2019-02-28																								
<b>CALIBRACIÓN</b>																														
<b>MÉTODO:</b> COMPARACIÓN DIRECTA MEDIANTE MATERIALES DE REFERENCIA CERTIFICADOS																														
<b>PROCEDIMIENTO:</b> PEC.ELP.13																														
<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN:</b> LABORATORIO AMBIENTAL																														
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b> 12.1 °C ; 71.1 %HR																														
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Unidad</th> <th>Nominal</th> <th>Equipo (y)</th> <th>Valor MRC (x)</th> <th>Error</th> <th>Incertidumbre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NTU</td> <td>10.0</td> <td>9.67</td> <td>10.00</td> <td>-0.33</td> <td>0.18</td> </tr> <tr> <td>NTU</td> <td>20</td> <td>19.21</td> <td>20.1</td> <td>-0.89</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>NTU</td> <td>100</td> <td>99.0</td> <td>100</td> <td>-1.0</td> <td>1.8</td> </tr> </tbody> </table>							Unidad	Nominal	Equipo (y)	Valor MRC (x)	Error	Incertidumbre	NTU	10.0	9.67	10.00	-0.33	0.18	NTU	20	19.21	20.1	-0.89	0.36	NTU	100	99.0	100	-1.0	1.8
Unidad	Nominal	Equipo (y)	Valor MRC (x)	Error	Incertidumbre																									
NTU	10.0	9.67	10.00	-0.33	0.18																									
NTU	20	19.21	20.1	-0.89	0.36																									
NTU	100	99.0	100	-1.0	1.8																									
Recta de Regresión: $y = 0,9949x - 0,5178$ ; Coeficiente de Correlación: $r^2 = 1$																														
MRC: Material de Referencia Certificado				NOTA: Promedio de 3 mediciones por cada punto																										
<b>OBSERVACIONES:</b>																														
La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2,00$ , que para una distribución t (de Student) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom Calibración. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento de la calibración.																														
<b>REALIZADO POR:</b> José Ferro																														
<b>FECHA CALIBRACIÓN:</b> 2018-12-13																														
<b>AUTORIZADO POR:</b> Ing. Sabino Pineda GERENTE TÉCNICO			<b>RECIBIDO POR:</b>  RESPONSABLE - CLIENTE																											







IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA: DIRECCION REGIONAL DE SALUD PASCO  
 DIRECCIÓN: JR JOSE CARLOS MARIATEGUI N° 101, SAN JUAN  
 TELÉFONO: (063)597060

IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO

EQUIPO: ESTUFA  
 MARCA: MEMMERT  
 MODELO/TIPO: SNE 200  
 SERIE: C210,2292  
 CÓDIGO CLIENTE: 532260470081  
 UNIDAD DE MEDIDA: °C  
 RESOLUCIÓN: 0.1  
 CAPACIDAD O RANGO: (0 A 250) °C  
 UBICACIÓN DEL EQUIPO: LABORATORIO AMBIENTAL  
 LUGAR DE CARACTERIZACIÓN: LABORATORIO AMBIENTAL

PATRONES UTILIZADOS

CODIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	PROX. CAL
ELP.PT.023	TERMÓMETRO DIGITAL	ELPRO	TN4	404701	2018-08-29	2019-08-29
ELP.PT.024	TERMÓMETRO DIGITAL	ELPRO	TN4	404679	2018-08-29	2019-08-29
ELP.PT.021	TERMÓMETRO DIGITAL	ELPRO	TN4	404704	2018-08-29	2019-08-29
ELP.PT.010	BARÓMETRO	CONTROL COMPANY	6530	150737028	2018-07-11	2019-07-11
ELP.PT.008	TERMOHIGRÓMETRO	ELC	TH-0510	NO ESPECIFICA	2018-08-28	2019-02-28

CALIBRACIÓN

MÉTODO: COMPARACIÓN MEDIANTE SENSORES PATRÓN DE TEMPERATURA

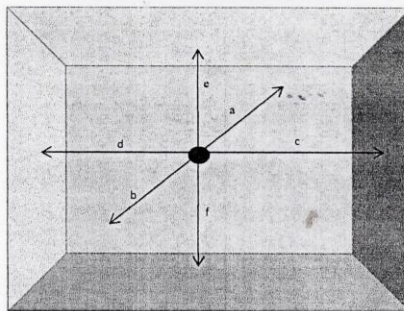
PROCEDIMIENTO: PEC.ELP.35

CONDICIONES AMBIENTALES: 11.5 °C 75.0 %HR 606 hPa

DESCRIPCIÓN DE LA CALIBRACIÓN.- Se programa el registro automático del perfil térmico del equipo ensayado con 9 sensores de temperatura ubicados en las 8 esquinas y el centro geométrico del espacio de trabajo. Las lecturas son tomadas luego de que el equipo ha alcanzado el valor de temperatura programado en intervalos de un minuto durante un mínimo de 30 minutos. Los datos se almacenan en dataloggers y posteriormente son descargados y analizados en una computadora.

Ventilación: FORZADA  
 No de Puertos: 0  
 Posición de los puertos: CERRADO  
 Ubicación del sensor: CENTRO GEOMETRICO  
 Sobre escalón No: 2  
 Caracterización (vacío/carga): VACIO

UBICACIÓN DEL SENSOR DE REFERENCIA



- sensor
- a= 12.5 cm
- b= 12.5 cm
- c= 20.0 cm
- d= 20.0 cm
- e= 16.0 cm
- f= 16.0 cm

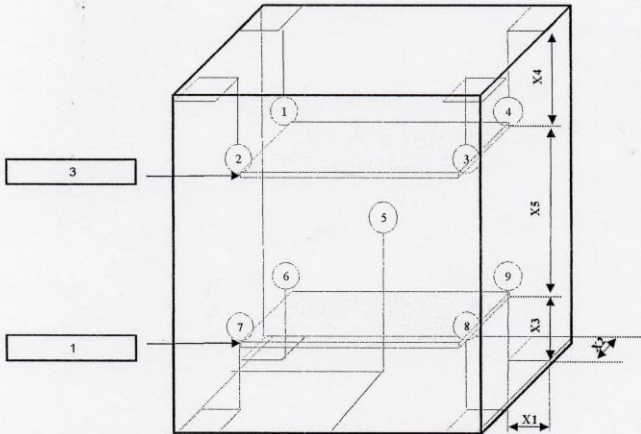


UBICACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS 8 SENSORES Y EL SENSOR DE REFERENCIA

Indicación de temperatura durante el ensayo. Lecturas en el indicador del equipo bajo prueba	
minutos	valor
0	45.1
5	45.3
10	45.4
15	45.5
20	45.3
25	44.7
30	44.8

Medidas de ubicación de sensores en las 8 esquinas	
	cm
x1=	5.0
x2=	5.0
x3=	7.0
x4=	9.0
x5=	16.0



Temperatura media en los puntos de medida identificados del 1 al 9 (Sensor de Referencia= Sensor 5)

Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
45.0	45.0	45.0	45.0	44.9	45.0	44.9	44.9	45.0

Temperatura media corregida en los puntos de medida identificados del 1 al 9 (Sensor de Referencia= Sensor 5)

45.1	45.1	45.1	45.1	45.0	45.1	45.0	45.0	45.1
------	------	------	------	------	------	------	------	------

Valor programado en el Controlador del equipo bajo prueba (set point)	Tolerancia del Equipo (por el cliente) (±)	Temperatura media en el sensor de referencia	Temperatura media corregida en el sensor de referencia	Temperatura media en el indicador del equipo bajo prueba	Corrección de la indicación	Estabilidad (En el tiempo)	Uniformidad (En el Espacio)	Incertidumbre de Medición
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
45.0	2.0	44.9	45.0	45.2	-0.2	0.4	0.1	0.54

OBSERVACIONES

La estimación de la incertidumbre expandida se realizó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2,00$ , que para una distribución  $t$  (de Student) con  $v_{ef} = \infty$  (grados efectivos de libertad) corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Ensayo. El presente certificado se refiere solamente al equipo arriba descrito al momento del ensayo.

- Los resultados indicados son válidos sólo para el volumen de trabajo delimitado por los 9 sensores, el resto de la cámara no se considera caracterizada.
- Las lecturas medias de los sensores patrón han sido corregidas tomando en cuenta las desviaciones indicadas en sus certificados de calibración.
- La temperatura del aire en el lugar de medición se obtiene sumando la temperatura del indicador de la cámara más la corrección de la indicación.
- La temperatura media del equipo bajo prueba y su corrección han sido redondeadas de acuerdo a las cifras decimales que posee su resolución.

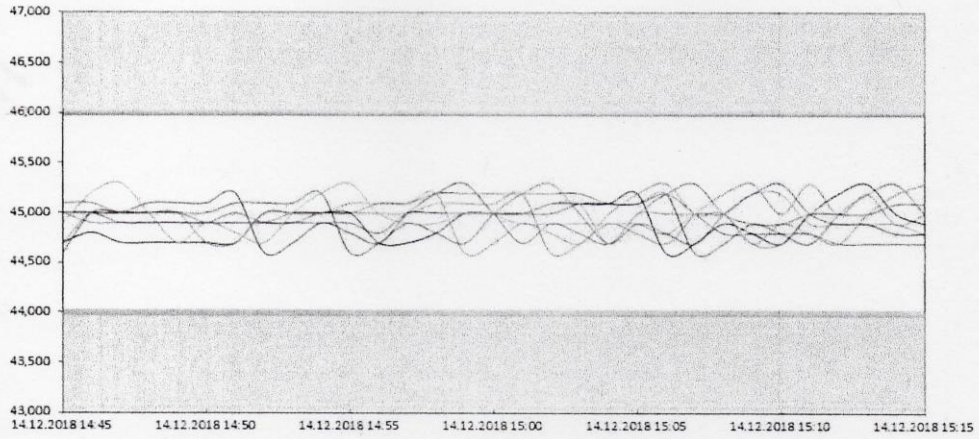
CARACTERIZACIÓN REALIZADA POR:	José Ferro
FECHA REALIZACIÓN:	2018-12-14
AUTORIZADO POR:	
Ing. Sabino Pineda	
GERENTE GENERAL	
RECIBIDO POR:	
RESPONSABLE - CLIENTE	

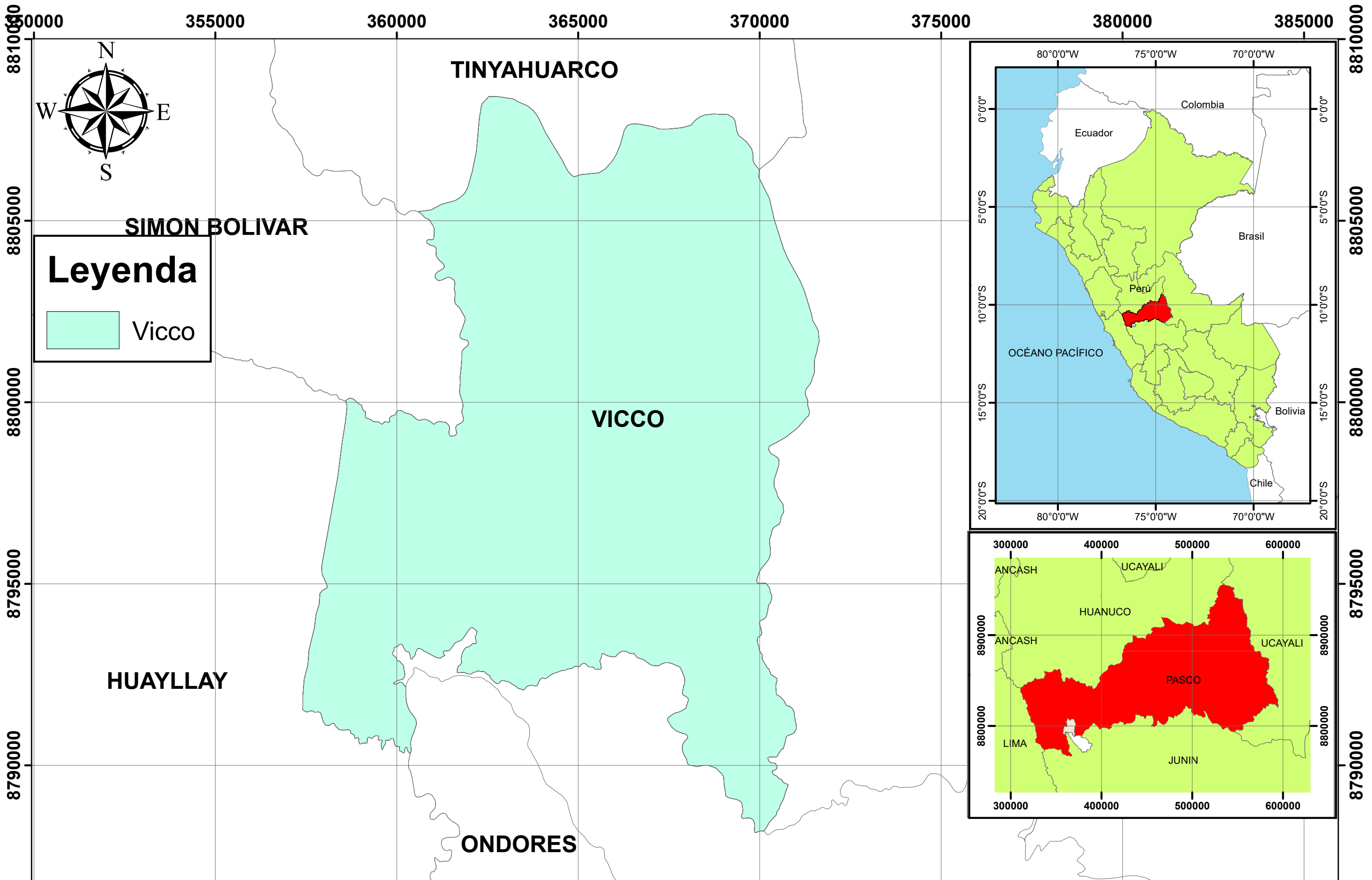


ANEXO 1: PERFIL TÉRMICO

Niveles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 Respectivamente

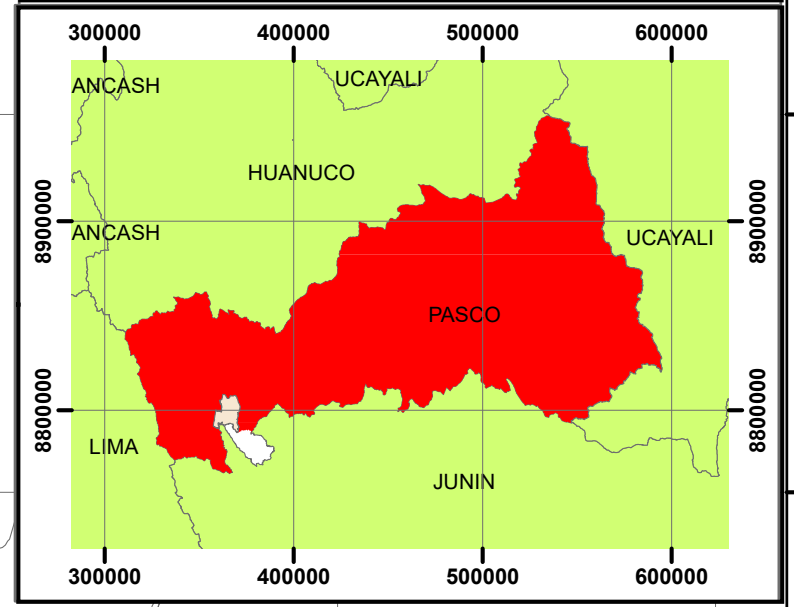
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
<b>Promedio</b>	45.0	45.0	45.0	45.0	44.9	45.0	44.9	44.9	45.0
<b>Máximo</b>	45.2	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3
<b>Mínimo</b>	44.7	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.6	44.7





**Leyenda**

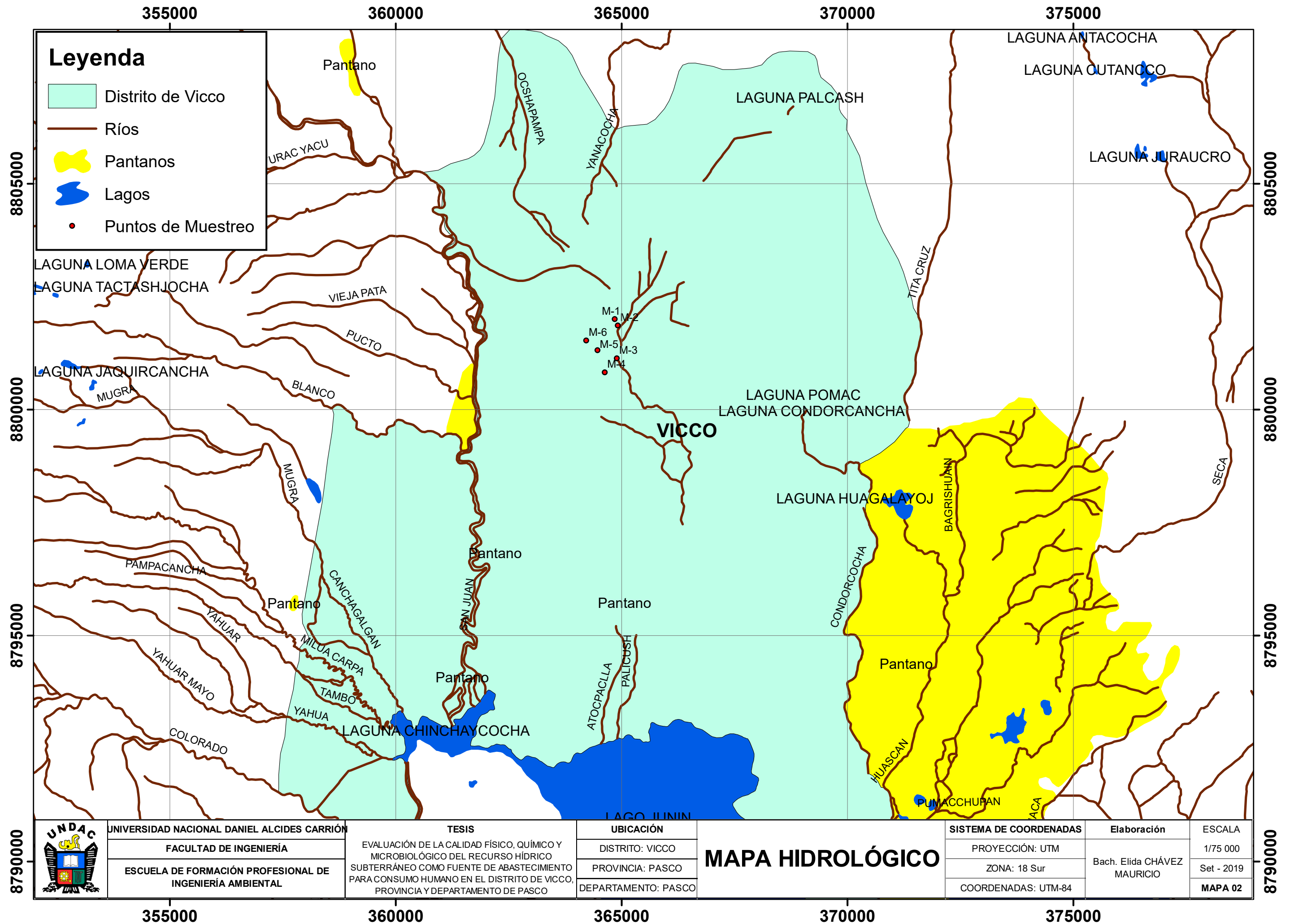
Vicco



	UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN	TESIS	UBICACIÓN	<h2>MAPA DE UBICACIÓN</h2>	SISTEMA DE COORDENADAS	Elaboración	ESCALA
	FACULTAD DE INGENIERÍA	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE VICCO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO	DISTRITO: VICCO		PROYECCIÓN: UTM	Bach. Elida CHÁVEZ MAURICIO	1/100 000
	ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL		PROVINCIA: PASCO		ZONA: 18 Sur		Set - 2019
			DEPARTAMENTO: PASCO	COORDENADAS: UTM-84		MAPA 01	

350000      355000      360000      365000      370000      375000      380000      385000

8785000



**Leyenda**

- Distrito de Vicco
- Ríos
- Pantanos
- Lagos
- Puntos de Muestreo



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS**  
 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE VICCO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

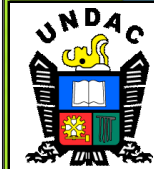
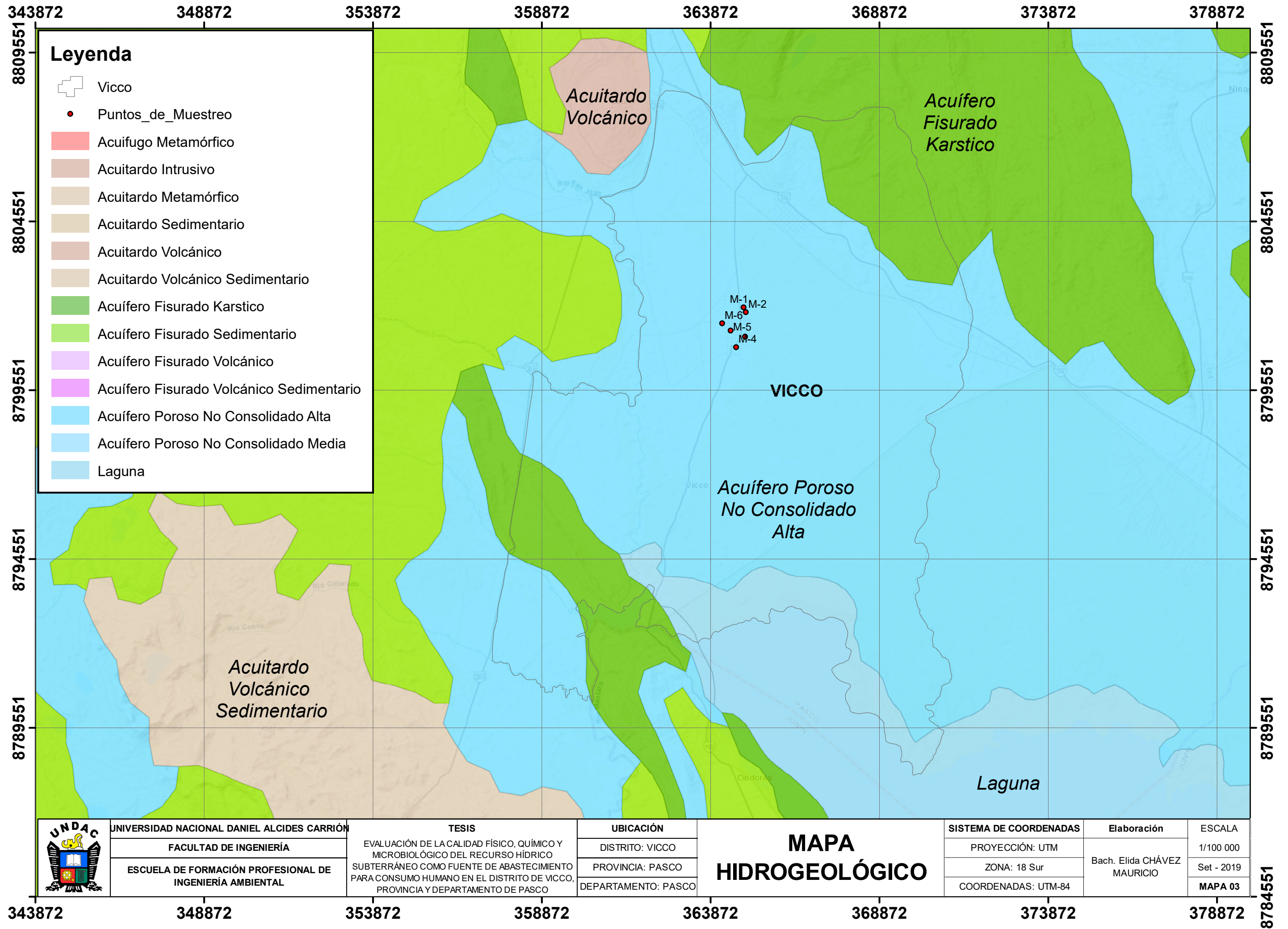
**UBICACIÓN**  
 DISTRITO: VICCO  
 PROVINCIA: PASCO  
 DEPARTAMENTO: PASCO

**MAPA HIDROLÓGICO**

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCIÓN: UTM  
 ZONA: 18 Sur  
 COORDENADAS: UTM-84

**Elaboración**  
 Bach. Elida CHÁVEZ MAURICIO

**ESCALA**  
 1/75 000  
 Set - 2019  
 MAPA 02



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**TESIS**  
 EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO COMO FUENTE DE ABASTECIMIENTO PARA CONSUMO HUMANO EN EL DISTRITO DE VICCO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE PASCO

**UBICACIÓN**  
 DISTRITO: VICCO  
 PROVINCIA: PASCO  
 DEPARTAMENTO: PASCO

# MAPA HIDROGEOLÓGICO

**SISTEMA DE COORDENADAS**  
 PROYECCIÓN: UTM  
 ZONA: 18 Sur  
 COORDENADAS: UTM-84

**Elaboración**  
 Bach. Elida CHÁVEZ MAURICIO

**ESCALA**  
 1/100 000  
 Set - 2019  
 MAPA 03