

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Facultad de Ciencias**

Escuela Profesional de Biología – Microbiología

**“Evaluación de la Calidad Microbiológica y Físicoquímica  
en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado  
Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia  
Tacna 2015”**

TESIS

Presentada por:

**Bach. Helena Beatriz Ortiz Gonzales**

Para optar el Título Profesional de:

Biólogo Microbiólogo

Tacna – Perú  
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA  
FACULTAD DE CIENCIAS

TESIS N° 282

TÍTULO PROFESIONAL DE:  
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

El secretario Académico Administrativo de la Facultad de Ciencias, certifica que por Resolución de Facultad N° 8563-2016-FACI-UNJBG, el Consejo de Facultad ha designado como jurados para la sustentación de la tesis:

**“Evaluación de la Calidad Microbiológica y Físicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna 2015”**

El mismo que está conformado por:

PRESIDENTE : MGR. DALADIER MIGUEL CASTILLO COTRINA  
SECRETARIO : MSC. ANGELA CHOQUE MIRANDA  
MIEMBRO : DR. CESAR CEVALLOS COLUMBUS

Para examinar y calificar la sustentación de tesis en acto público el día 08 de setiembre del 2016 a las 16:00 horas.

Presentado por el Bachiller: **HELENA BEATRIZ ORTIZ GONZALES**, de la Escuela Académico Profesional de Biología - Microbiología.

Los miembros del Jurado Calificador, en forma individual y secreta emitieron su calificación sobre la tesis expuesta y procedió a emitir el siguiente resultado:

Aprobado por **UNANIMIDAD**, con el calificativo de **BUENO** y promedio de 14.

Para ratificar lo detallado firman:



Mgr. Daladier Miguel Castillo Cotrina  
Presidente



Msc. Angela Choque Miranda  
Secretaria



Dr. Cesar Cevallos Columbus  
Miembro

## DEDICATORIA

**A mi Madre** Bernabela Gonzáles, por siempre darme los mejores consejos para salir adelante y ser la mamá más amorosa

**A mi Padre** Marcos Ortiz por decirme que nunca debo darme por vencida y porque jamaz deje atrás mis metas.

**A mis Hermanos** y demás familia por el apoyo incondicional

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que nada quiero agradecer a Dios ya que por Él logré concluir mi carrera profesional de Biología.

A mis padres por haberme enseñado que con esfuerzo todo se logra y amigos por ser la voz de aliento en todo momento.

A Luis Jesus Aguilar Cruz, por brindarme el tiempo necesario para alcanzar mí meta, me ayudaste hasta donde te era imposible, no fue sencillo culminar con éxito, sin embargo me decías que lo lograría perfectamente.

A la Entidad Prestadora de Servicios y Saneamiento – Tacna, por permitirme utilizar sus instalaciones.

A mi asesor, Dr. César Cáceda por el apoyo en el desarrollo y culminación de la presente tesis.

## INDICE

1. GENERALIDADES .....	1
1.1    Introducción .....	1
1.2    Objetivos.....	3
1.2.1    Objetivo general .....	3
1.2.2    Objetivos específicos .....	3
1.3    Hipótesis .....	4
1.4    Justificación .....	4
2. ANTECEDENTES.....	5
2.1    Calidad del agua subterránea .....	5
2.2    Normas nacionales relacionada al agua subterránea .....	7
2.3    Leyes internacionales de protección para aguas subterráneas.....	9
2.4    Contaminación de los acuíferos por influencia de aguas residuales ....	10
2.5    Enfermedades transmitidas por el agua .....	15
2.6    Formulación del problema científico .....	18
2.7    Definición y delimitación del problema.....	18
2.8    Parámetros de calidad de agua .....	20
2.8.1    Fisicoquímico .....	20
2.8.2    Microbiológicos .....	25
2.9    Características de los pozos subterráneos.....	30
2.9.1    Pozo PV-1 .....	30
2.9.2    Pozo PV-2 .....	30
2.9.3    Pozo PV-3 .....	31

2.9.4	Pozo PV – 4 .....	31
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1	Materiales .....	33
3.1.1	Materiales de laboratorio .....	33
3.1.2	Equipos de laboratorio .....	33
3.1.3	Materiales de campo.....	34
3.1.4	Material fotográfico.....	34
3.1.5	Software de análisis de datos.....	34
3.1.6	Servicios .....	34
3.2	Metodología .....	35
3.2.1	Tipo y diseño de investigación:.....	35
3.2.2	Variables: .....	35
3.2.3	Indicadores.....	35
3.2.4	Población y muestra.....	36
3.2.5	Análisis Microbiológico.....	39
3.2.6	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO .....	41
4.	RESULTADOS.....	47
4.1	Resultados Bacteriológicos .....	47
4.2	Análisis fisicoquímicos .....	55
5.	DISCUSIONES .....	85
6.	CONCLUSIONES .....	88
7.	RECOMENDACIONES.....	89
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS.....	90
	ANEXOS .....	95

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 01:</b> Bacterias transmitidas por el agua	35
<b>Cuadro 02:</b> Conductividad eléctrica de distintos tipos de agua	39
<b>Cuadro 03:</b> Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos	47
<b>Cuadro 04:</b> Valores de los análisis bacteriológicos realizados en los Pozos de Viñani año 2014	66
<b>Cuadro 05:</b> Valores en porcentaje de cada pozo	67
<b>Cuadro 06:</b> Valores en porcentaje del total de muestras	67
<b>Cuadro 07:</b> Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-1	68
<b>Cuadro 08:</b> Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-2	70
<b>Cuadro 09:</b> Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-3	71
<b>Cuadro 10:</b> Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-4	72
<b>Cuadro 11:</b> Resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas desde el año 2010 -2014	75
<b>Cuadro 12:</b> Valores en porcentaje para cada pozo	77
<b>Cuadro 13:</b> Valores en porcentaje del total de muestras	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Esquema de macrolocalización del estudio	53
<b>Figura 02:</b> Microlocalización del Proyecto	53
<b>Figura 03:</b> Valores en porcentaje del total de muestras	66
<b>Figura 04:</b> Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis para bacterias Heterotróficas, del PV-1 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA	69
<b>Figura 05:</b> Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-2 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.	70
<b>Figura 06:</b> Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-3 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.	72
<b>Figura 07:</b> Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-4 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.	73
<b>Figura 08:</b> Valores en porcentaje del total de muestras	78
<b>Figura 09:</b> Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM, y los valores de pH del PV-1, durante el año 2010 al 2014.	79
<b>Figura 10:</b> Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH del PV-2, durante el año 2010 al 2014.	79

**Figura 11:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 80

**Figura 12:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 80

**Figura 13:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014 81

**Figura 14:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014 82

**Figura 15:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 82

**Figura 16:** Figura 14: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 83

**Figura 17:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014 84

**Figura 18:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad en el PV-2 durante el año 2010 al 2014 84

**Figura 19:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad en el PV-3, durante el año 2010 al 2014. 85

**Figura 20:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad en el PV-4 durante 2014.

85

**Figura 21:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014. 86

**Figura 22:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014. 87

**Figura 23:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 87

**Figura 24:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 88

**Figura 25:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014. 89

**Figura 26:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores promedio de Boro, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014. 89

**Figura 27:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 90

**Figura 28:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 91

**Figura 29:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014 92

**Figura 30:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de sulfatos, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

**Figura 31:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 93

**Figura 32:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014 94

**Figura 33:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014. 95

**Figura 34:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014. 95

**Figura 35:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014 96

**Figura 36:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 96

**Figura 37:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014. 97

**Figura 38:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014. 98

**Figura 39:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 98

**Figura 40:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

**Figura 41:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014 100

**Figura 42:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014. 100

**Figura 43:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014. 101

**Figura 44:** Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014. 102

## RESUMEN

Uno de los peligros más comunes con relación al agua de consumo humano es su contaminación, en este caso debido a la acción de aguas residuales, además de factores fisicoquímicos y ambientales. El objetivo de la presente investigación es la evaluación microbiológica y fisicoquímica de la calidad del agua subterránea de los pozos Viñani del Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa de la ciudad de Tacna. Los parámetros analizados tanto fisicoquímicos como bacteriológicos (*E.coli*, *Coliformes totales*, *Bacterias Heterotróficas*, *pH*, *turbidez*, *conductividad*, *cloruros*, *sulfatos*, *dureza total*, *aluminio*, *boro* y *nitratos*) se compararon con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Categoría I: Poblacional y Recreacional (ECA-DS N° 002-2008-MINAM) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2012-SA.) El muestreo se llevó a cabo en cuatro puntos del sector Viñani denominados PV-1, PV-2, PV-3 y PV-4 pertenecientes a la Empresa Prestadora de Servicios (EPS-TACNA). Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos a partir del año 2010 al 2014 indicaron que en un 20 % del total de muestras fueron aptos, un 70 % no aptos y 10 % donde no se obtuvo resultados mientras que los parámetros microbiológicos del año 2014 indicaron que el 79.17 % del total de muestras fueron aptos, un 20.83 % no aptas.

**Palabras clave:** Calidad Ambiental, pozos subterráneos, contaminación

## **ABSTRACT**

One of the most common hazards in relation to water for human consumption is its contamination, in this case due to the action of wastewater, in addition to physicochemical and environmental factors. The objective of the present investigation is the microbiological and physicochemical evaluation of the groundwater quality of the Viñani wells of the Gregorio Albarracín Lanchipa District of the city of Tacna. The analyzed parameters, both physicochemical and bacteriological (E.Coli, Total Coliforms, Heterotrophic Bacteria, pH, turbidity, conductivity, chlorides, sulfates, total hardness, aluminum, boron and nitrates) were compared with the National Environmental Quality Standards for Water Category I: Population and Recreation (ECA-DS No. 002-2008-MINAM) and the Regulation on the Quality of Water for Human Consumption (DS No. 031-2012-SA). Sampling was carried out at four points in the Viñani sector called PV-1, PV-2, PV-3 and PV-4 belonging to the Service Provider Company (EPS-TACNA). The results obtained from the physicochemical parameters from 2010 to 2014 indicated that in 20% of the total samples were fit, 70% unfit and 10% where no results were obtained while the microbiological parameters of the year 2014 indicated that 79.17% of the total samples were fit, 20.83% unfit.

**Keywords:** Environmental Quality, underground wells, pollution

# 1. GENERALIDADES

## 1.1 Introducción

El Agua es la sustancia que sostiene la vida sobre el planeta Tierra. Esta sustancia posee un conjunto de propiedades que la hacen única. Se piensa que es un recurso ilimitado. Es por esta razón que estamos obligados a almacenarla, reciclarla, bombearla, desalinizarla y sobre todo, usarla de manera prudente para que las futuras generaciones puedan utilizar el recurso **(Cunningham and Saigo, 2012)**.

El agua, para el consumo humano, es en forma líquida y se conoce como agua dulce. En ella existe una gama de componentes en disolución en pequeñas proporciones, que la hace apta para los distintos usos. Para cada uso se han ido desarrollando una serie de normas que definen la calidad de la misma y tratan de regularla. Entre éstas se incluyen desde el agua para el consumo directo o agua potable hasta el agua para usos industriales. El agua dulce es sólo una pequeña parte del agua que existe en la Tierra y, a su vez, de ella sólo es aprovechable una pequeña parte **(Millar, 2004)**.

## **Agua subterránea**

El agua subterránea es el agua que se encuentra entre las partículas del suelo y las rocas y entre las grietas del lecho rocoso. El agua subterránea es usada ampliamente para uso doméstico y otros propósitos.

**(A. G. Hornsby, Universidad de Florida, 2012).**

El agua subterránea es considerada frecuentemente una fuente inagotable, y se cree que es pura y segura para beber ya que pasa por un proceso de filtración y limpieza a través del subsuelo y lecho rocoso. Sin embargo, este proceso no asegura necesariamente su pureza. La contaminación del agua subterránea puede ser tanto una consecuencia natural como ocasionada por la actividad humana. Se han encontrado contaminantes que amenazan a la salud de las personas en la mayoría de las reservas de agua subterránea. Podría ser muy costoso el remover algunos de estos contaminantes, por lo cual, el agua resulta virtualmente inservible. Debido a esta amenaza, es importante entender el proceso mediante el cual el agua subterránea se hace disponible para su uso y como las actividades humanas algunas veces ponen en peligro este recurso. **(A. G. Hornsby, Universidad de Florida, 2012).**

El agua puede ser encontrada debajo de la tierra casi en cualquier sitio. Cerca del 97 % del agua dulce del mundo es agua subterránea. La calidad y cantidad del agua subterránea disponible varía de sitio a sitio. Las reservas mayores de agua subterránea son llamadas acuíferos. Los acuíferos ocurren en dos tipos de formaciones geológicas: a) Las

formaciones consolidadas son aquellas compuestas de rocas sólidas, donde el agua subterránea se encuentra en las grietas que éstas poseen. La cantidad de agua en una formación consolidada depende de la cantidad de grietas que existen y del tamaño de éstas. Por ejemplo, las formaciones calizas frecuentemente contienen cavernas con mucha agua en su interior. b) Las formaciones no consolidadas están compuestas de arena, grava, piedras, tierra suelta o material de suelos.

**(A. G. Hornsby, Universidad de Florida, 2012).**

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

- Evaluar la calidad microbiológica y fisicoquímica en agua subterránea de pozos del Centro Poblado Viñani - Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa de Tacna.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos establecidos para cada pozo subterráneo.
- Determinar e identificar la presencia de agentes contaminantes existentes en los puntos de muestreo.

### **1.3 Hipótesis**

El agua subterránea para consumo humano no cumple con los parámetros bacteriológicos y fisicoquímicos establecidos por las normas vigentes nacionales.

### **1.4 Justificación**

Es necesario conocer las condiciones de potabilidad de las aguas subterráneas de los pozos de Viñani a fin de tomar las medidas de corrección y protección de la fuente destinada al consumo humano. Es necesario realizar un análisis completo desde la apertura de los pozos para conocer el cumplimiento de los parámetros, ya que existe una población no menor de 10 000 habitantes del sector Viñani que se abastecen de esta fuente.

Por ello es necesario reconocer la importancia del presente trabajo de investigación porque nos permite conocer el grado de contaminación de los pozos subterráneos, del sector Viñani, que se destinan para consumo humano, y generar medidas preventivas por parte de la institución correspondiente

## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1 Calidad del agua subterránea**

Por lo general, se cree que el agua subterránea es pura y segura para ser bebible, pasa por un proceso de filtración y limpieza a través del subsuelo y lecho rocoso. Sin embargo, este proceso no asegura necesariamente su pureza. La contaminación del agua subterránea puede ser tanto una consecuencia natural como ocasionada por la actividad humana.

(PUCP, 2012).

Como ejemplo, comprobado y documentado disponible en la literatura científica de contaminación natural del agua subterránea es el caso de la contaminación en el valle del río Louro provincia de Pontevedra, Galicia, España estudiado en 1998. Con 70 muestras evaluadas, 16 presentaron concentraciones mayores a los 25 mg/L de nitratos, de las cuales 5 sobrepasaron el límite de 50 mg/L de nitratos. Es decir, el 7 % de los pozos presenta un riesgo para la salud de las personas que tomarán sus aguas. (PUCP, 2012).

Otra investigación previa realizada, esta vez en el departamento de Tacna, fue evaluar la calidad del agua subterránea de los centros

poblados la Yarada y los Palos midiendo solo los parámetros bacteriológicos en donde la mitad de los pozos fueron aptos para consumo (UNJBG, 2012)

El agua subterránea tiene ciertas propiedades importantes algunas de las cuales son las siguientes:

- Saludable, el estar exenta de gérmenes patógenos es una característica generalizada de las aguas subterráneas. Hay situaciones excepcionales de contaminación biológica, pero es debido a una incorrecta localización del pozo.
- Ausencia de masa biótica, para ciertos usos es una ventaja importante la ausencia casi total de masa biótica que pudiera requerir de pesticidas y similares en el caso de aplicarla al regado agrícola.
- Sin sólidos, una ventaja interesante es que el agua subterránea captada correctamente está exenta de partículas como arenas las que causarían serios problemas en bombas, conductos y artefactos.

**(Raúl Campillo, 2005).**

A partir del año 2010 ya se consideraba realizar monitoreo del control de calidad del agua más exigentes para el consumo humano, y teniendo en consideración que nuestras fuentes de agua provienen de zonas volcánicas en donde ciertos minerales tales como el Arsénico y Boro se elevan excesivamente, sin embargo, durante el trascurso de los años no se ha podido dar solución a esta contaminación, la mayoría de la población tacneña recibe agua de mala calidad en diferentes sectores de

la ciudad, rescatando así las aguas provenientes del subsuelo considerándose como agua subterránea en buen estado.

Aproximadamente todo el distrito Gregorio Albarracín incluyendo el Centro Poblado Viñani, deposita sus residuos humanos en el sector Arunta, la Planta de Aguas residuales "Copare" (EPS Tacna) recibe las aguas residuales de la ciudad de Tacna, pero por la cercanía a asociaciones de vivienda del distrito de Gregorio Albarracín se ha controlado y disminuido el caudal de ingreso, sin embargo por la geomorfología del sector Arunta que no tienen ubicación designada, no poseen un diseño en función a las normas de construcción ni de mantenimiento adecuado.

## **2.2 Normas nacionales relacionada al agua subterránea**

En el Perú las normas que establecen los requisitos que deben cumplir, en este caso las aguas subterráneas, son los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua D.S N° 002-2008- MINAM donde se da conocimiento de la aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, (**Anexo 01**) con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físico, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos del

agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

Cabe también mencionar el Reglamento sobre la Calidad de Agua de consumo humano D.S N° 031-2010- S.A (**Anexo 02**), el cual tiene como objetivo establecer el marco normativo en la gestión de la calidad del agua, en su vigilancia sanitaria, control y supervisión. También en la fiscalización, autorizaciones, registros y aprobaciones sanitarias respecto a los sistemas de abastecimiento de agua; así como los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del líquido elemento, y la difusión y acceso a la información sobre la calidad del agua para consumo humano. Se precisa además que los proveedores que estén operando sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano deberán implementar un Programa de Adecuación Sanitaria para cumplir con las normas técnicas y formales establecidas.

Sin embargo, dicho reglamento hace referencia también a los requisitos sanitarios de los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua del Art. 48° donde menciona que la autoridad de salud del nivel nacional normará los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas de diseño del Ministerio de

Vivienda, Construcción y Saneamiento, los que serán vigilados por la autoridad de salud del nivel regional, los mismos que deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas de las instalaciones, sistema de desinfección y otros requisitos de índole sanitario.

### **2.3 Leyes internacionales de protección para aguas subterráneas**

La Agencia Federal para la Protección del Medio Ambiente (EPA) es responsable por las actividades federales en relación a la calidad de las aguas subterráneas. Las principales leyes que autorizan las acciones de la EPA para proteger el agua subterránea incluyen:

- La Ley de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act), la cual autoriza a la EPA a establecer normas para niveles máximos de contaminantes en el agua potable, regular la eliminación subterránea de residuos en pozos profundos, y establecer un programa nacional que proteja los pozos de abastecimiento de aguas públicas (se llama el "Well head Protection Program").
- La Ley de Conservación y Recobro de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act), que regula el almacenaje, transporte, tratamiento, y la eliminación de residuos peligrosos para impedir la lixiviación de contaminantes hacia las aguas subterráneas.

- La Ley Ambiental Comprensiva de Respuesta, Indemnización y Responsabilidad Civil (Superfund) que autoriza al gobierno a limpiar la contaminación causada por derrames químicos o sitios de residuos peligrosos que amenazan el medio ambiente. Sus enmiendas de 1986 incluyen provisiones que dan a los ciudadanos el derecho de hacer litigio contra los que infringen la ley, y establecer programas de "derecho de la comunidad para estar informada."
- La Ley de Agua Limpia (Clean Water Act) que autoriza la EPA con la capacidad de otorgar dinero a los estados para el desarrollo de estrategias para la protección del agua subterránea y que también autoriza otros programas que previenen la contaminación del agua. Las leyes federales se conciernan con control de la contaminación de aguas subterráneas por todo el país. Una de las razones principales para las acciones locales es que la protección de aguas subterráneas generalmente involucra decisiones muy específicas sobre el uso de parcelas de terreno. Los gobiernos locales frecuentemente ejercitan una variedad de controles sobre el uso del terreno de acuerdo con las leyes estatales.

#### **2.4 Contaminación de los acuíferos por influencia de aguas residuales**

En los últimos años, la investigación hidrogeológica se ha centrado en los problemas de la calidad del agua subterránea. En la mayoría de los

casos, no se trata ya de encontrar agua, sino de estudiar cómo la calidad del agua subterránea se ha visto afectada por actividades humanas, predecir la evolución del problema, o simplemente adoptar las medidas oportunas para que estos problemas no lleguen a producirse. La mala calidad del agua subterránea puede ser debida a causas naturales o a la actividad humana. Las vías por las que distintas sustancias llegan a los acuíferos, contaminando las aguas subterráneas, son muy diversas, una de ellas es la infiltración de sustancias depositadas en la superficie **(Ongley, E. D. 1997)**. Para controlar los peligros se aplican criterios (guías y estándares) para normar la calidad de las aguas; éstos establecen requisitos que deben satisfacer las aguas para que puedan ser destinadas al consumo humano sin que afecten su salud. El cumplimiento de los requisitos de calidad sanitaria debe reducir en forma significativa los riesgos de contraer enfermedad infecta contagiosa. Sin embargo, si los requisitos de calidad sanitaria no son los adecuados, carecerán de importancia para proteger y controlar la calidad del agua y su aplicación no cumplirá con los objetivos previstos. La transmisión por el agua de consumo es sólo uno de los vehículos de transmisión de los agentes patógenos transmitidos por la vía fecal-oral. Pueden ser también vehículo de transmisión los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por la vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su

disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene general. **(OMS, 2008).**

La corrección de los problemas de contaminación en el caso de las aguas subterráneas es prácticamente imposible en la mayoría de los casos, por lo que hay que poner especial énfasis en que no llegue a producirse.

Las medidas de prevención:

- Basureros o escombreras: buscar lugares impermeables, o recoger los efluentes con sondeos o drenes.
- Aguas residuales urbanas: depuración previa a los vertidos; precaución con la utilización de los lodos de depuración. Correcta construcción y vigilancia de conducciones y fosas sépticas.
- Fertilizantes y plaguicidas: utilización racional y medida de estas sustancias.
- En actividades industriales de todo tipo: estudio hidrogeológico previo de las permeabilidades y del sistema regional del flujo subterráneo. Especial precaución en el almacenamiento bajo tierra de residuos peligrosos **(Ongley, E. D., 1997).**

Las principales actividades humanas que generan contaminación de las aguas subterráneas se pueden englobar en los siguientes grupos:

- Residuos sólidos urbanos.- normalmente depositados en superficie, alcanzan la superficie freática los líquidos procedentes de los propios

residuos o el agua de lluvia infiltrada a través de ellos, que arrastra todo tipo de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

- Aguas residuales.- las aguas residuales de los núcleos urbanos se vierten a cauces superficiales o en fosas sépticas. En ocasiones, tras una ligera depuración, se esparcen en superficie para aprovechar el poder filtrante del suelo. Los lodos resultantes de la depuración pueden representar después una segunda fase del mismo problema.
- Actividades agrícolas, Ganadería, actividades industriales y mineras, actividades nucleares **(Ongley, E. D., 1997)**.

Asimismo, defectos en la construcción o en las estructuras de pozos, depósitos, ausencia o irregular mantenimiento de dichas instalaciones son causas que predisponen el ingreso y proliferación de microorganismos desde distintas fuentes **(GOYA, 2007)**.

Un ejemplo conocido, comprobado y documentado disponible en la literatura científica de contaminación natural del agua subterránea es el caso de la contaminación en el valle del río Louro provincia de Pontevedra, Galicia, España estudiado en 1998. Litológicamente, este valle se caracteriza por la presencia de materiales finos, de menor permeabilidad, ricos en materia orgánica. Esto produce un incremento en la salinidad y un ambiente reductor capaz de movilizar hierro y manganeso, es decir, una contaminación por causa natural. De 70 muestras evaluadas, 16 presentaron concentraciones mayores a los

25 mg/L de nitratos, de las cuales 5 sobrepasaron el límite de 50mg/L de nitratos. Es decir, el 7 % de los pozos presenta un riesgo para la salud de las personas que tomarán sus aguas.

Se logró investigar que en Chile hubieron casos de muerte de niños por agua con niveles de 25 mg/l NO<sub>3</sub>, ya que se genera metahemoglobinemia, esto quiere decir que el Nitrato no deja que la sangre asimile el Oxígeno y los niños mueren **(EPS-TACNA, 2010)**

Una de las causas mayores de contaminación a las aguas subterráneas es el efluente de aguas residuales que provienen de las pozas sépticas de aguas residuales. Aproximadamente, todo el distrito Gregorio Albarracín deposita sus residuos humanos en el sector Arunta, la planta de aguas servidas de Copare (EPS Tacna) recibe el agua de la ciudad de Tacna pero por la cercanía a asociaciones de vivienda del distrito de Gregorio Albarracín se ha controlado y disminuido el caudal de ingreso, sin embargo, por la geomorfología del sector las aguas del distrito Gregorio Albarracín son conducidas al sector Arunta que no tienen una ubicación designada, no poseen un diseño en función a las normas de construcción ni de mantenimiento adecuado, puede haber una contaminación con bacterias, nitratos, sustancias químicas, etc.

## **2.5 Enfermedades transmitidas por el agua**

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son porque se contaminan con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año **(OMS, 2008)**.

Las enfermedades diarreicas, las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo en niños

**(OPS- OMS, 2000)**. El uso de aguas residuales como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera **(DIGESA, 2010)**. En consecuencia, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados ocasiona contaminación de aguas subterráneas impactando negativamente en la salud humana. Los nitratos presentes en estas aguas se reducen a nitritos al formar metahemoglobina y disminuye así la capacidad de oxigenación en la sangre, lo que se manifiesta por la coloración azulada de la piel y llegando al coma o la muerte de los niños expuestos.

Parte de los nitratos se absorben rápidamente en el tracto intestinal y pasan a la sangre siendo parcialmente evacuados por el riñón, mientras que la otra fracción puede ser metabolizada. En el caso de una sobredosis de nitratos, se presenta un proceso clínico llamado metahemoglobinemia, la cual es una condición potencialmente fatal debido al aumento de la metahemoglobina formada. **(PUCP, 2012)**

También se comentó que en Chile hubo muerte de niños por agua con niveles de 25 mg/l NO<sub>3</sub>, ya que se genera metahemoglobina, esto quiere decir que el nitrato no deja que la sangre asimile el oxígeno y los niños mueren **(EPS, 2010)**.

**Cuadro 01: Bacterias transmitidas por el agua**

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7 – 28 días (14)	5 – 7 días (semanas – meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Vibrio cholera</i>	Heces	9 – 72 horas	3 – 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<i>Escherichia coli</i> Enterohemorrágica	Heces	3 – 9 días	1 – 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.
<i>Escherichia coli</i> Enteroinvasiva	Heces	8 – 24 horas	1 – 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<i>Escherichia coli</i> Enterotoxigénica	Heces	5 – 48 horas	3 – 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea y mialgia.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1 – 11 días (24 – 48 horas)	1 – 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, Vómito

Fuente: Pontificia Universidad Católica del Perú

## **2.6 Formulación del problema científico**

¿Se dará cumplimiento, según Normas vigentes, de los parámetros bacteriológicos – fisicoquímicos para el consumo de Agua Subterránea, ubicada en el Centro Poblado Viñani de donde abastece a toda la población del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia Tacna?

## **2.7 Definición y delimitación del problema**

Ante la escasez del recurso hídrico en la ciudad de Tacna, se iniciaron estudios de exploración de fuentes subterráneas a fin de obtener mayor volumen de agua para el consumo humano y riego. Desde el año 2003, se está captando aguas subterráneas en el centro poblado Viñani ubicado en el distrito Gregorio Albarracín de la ciudad de Tacna, mediante la perforación de pozos profundos donde el PV-1 y PV-2 tienen rendimientos actuales de 40 y 75 l/s respectivamente, por otro lado, a partir del año 2010 se perforan 02 pozos adicionales PV-3 y PV-4 con rendimientos promedio de 80 l/s cada pozo, los cuales se encuentran ubicados a 1600 mts de las pozas de aguas residuales del Arunta. Tienen un peligro común con relación al agua de consumo humano debido a la filtración de aguas residuales, ubicadas en las faldas del Cerro Arunta, hacia el acuífero de los pozos perforados en Viñani.

El agua no debe presentar ningún tipo de riesgo que pueda causar irritación química, intoxicación o infección microbiológica que sea perjudicial a la salud humana. La presencia de bacterias oportunistas patógenas en agua de consumo humano, representa un problema latente a la población en general. Sin embargo, los más afectados son los inmunodeficientes, recién nacidos y personas de la tercera edad. **(Burgos, 2011)**. Los tratamientos convencionales del agua (coagulación, sedimentación y filtración) no eliminan cantidades significativas de boro, por lo que es necesario utilizar métodos especiales para eliminarlo de las aguas que tengan concentraciones altas. Mediante tratamientos de intercambio iónico y de ósmosis inversa puede conseguirse una disminución sustancial, pero su costo suele resultar prohibitivo. Posiblemente el único método económico para disminuir la concentración de boro en aguas con concentraciones altas sea la mezcla con aguas de concentraciones bajas de boro **(OMS, 2008)**. Pero en cuanto a los pozos de Viñani su operación es bastante sencilla, se bombean mediante motores que impulsan agua hacia una estación de bombeo donde el agua luego es clorada por un sistema de cloración, se consideró este procedimiento sencillo ya que el agua subterránea teóricamente nos dice que es limpia y que solo consideran una desinfección simple **(EPS- TACNA)**.

Pero se puede manifestar la contaminación del agua subterránea debiéndose especialmente a la agricultura, al arrastrar el agua infiltrada

con numerosos compuestos químicos utilizados como fertilizantes o abonos, o también productos fitosanitarios para la lucha contra las enfermedades y plagas, o incluso por regar con agua salada o salobre, aceites de petróleo, mala disposición de la basura, otros compuestos y se ha convertido también en una preocupación en los países industrializados y de todos. **(CORONEL Y JIMENES, 2006).**

## **2.8 Parámetros de calidad de agua**

### **2.8.1 Físicoquímico**

- a. **pH:** Representa el grado de acidez del agua, se encuentra asociado a los índices de agresividad, ya que valores por debajo de 7,0 representan corrosividad y valores por encima de 7,0 representa incrustación.

El pH del agua varía con la temperatura, por lo que también se refiere a una temperatura estándar (25 °C). Se debe medir en el momento de la toma de muestra, ya que la variación de la temperatura y los gases disueltos (especialmente el CO<sub>2</sub> y el oxígeno disuelto) durante el transporte de la muestra va a afectar el pH **(IGME, 2012).**

**b. Conductividad:** El agua pura es un mal conductor de la electricidad, pero su conductividad aumenta enormemente gracias a los iones que tiene disueltos. La conductividad eléctrica se suele medir en  $\mu\text{S/cm}$ . En el **Cuadro 02** se muestra la conductividad eléctrica que presentan distintos tipos de aguas. La conductividad aumenta con la temperatura, como media un 2 % por cada grado centígrado, por ello hay que determinar la temperatura cuando se mide la conductividad eléctrica. A efectos comparativos se expresan los datos a una temperatura estándar (normalmente 20 o 25 °C). (IGME, 2012).

**Cuadro 02: Conductividad eléctrica de distintos tipos de agua**

Tipo de agua	Conductividad $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua pura</b>	0,04 $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua destilada</b>	0,5 a 5,0 $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua de lluvia</b>	5,0 a 50,0 $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua potable</b>	< 2 500 $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua salobres</b>	2 500 – 2 000 $\mu\text{S/cm}$
<b>Agua de mar</b>	45 000 – 55 000 $\mu\text{S/cm}$
<b>Salmueras</b>	>100 000 $\mu\text{S/cm}$

Fuente: IGME

c. **Turbidez:** Representa un valor referencial del grado de transparencia del agua, el análisis consiste en hacer pasar un haz de luz por la muestra, el grado de dificultad que oponga el agua al rayo de luz, el equipo lo cataloga como turbidez y está valorado en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

**(IGME, 2012).**

d. **Cloruros:** De acuerdo a la tabla de toxicidad de iones este parámetro está considerado como de baja toxicidad, con valores por debajo de 0,025 g/l. para efectos agronómicos, sin embargo, para efectos en la salud, valores por encima de 250 mg/l Cl, representan problemas de sabor en el agua, los problemas de toxicidad se generan a valores por encima de 1000 mg/l ya que generan problemas gastrointestinales.

Son constituyentes abundantes de las aguas subterráneas, aunque son escasos en los minerales de la corteza, pues son muy estables en solución y precipitan difícilmente (es decir son iones móviles o conservativos en el agua). Procede sobretodo de la disolución de evaporitas y de los aerosoles marinos disueltos por el agua de lluvia. Las concentraciones normales van de 10 a 250 mg/l, más de 300 mg/l dan sabor salado al agua **(IGME, 2012).**

e. **Dureza Total:** La dureza del agua se refiere al poder neutralizante de los iones alcalinotérreos (esencialmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ) frente al jabón, o la capacidad de estos cationes de producir incrustaciones

al precipitar como carbonatos. Se suele expresar como mg/l de  $\text{CaCO}_3$ . Se puede diferenciar entre dureza temporal o carbonatada, que es la asociada a los carbonatos y bicarbonatos y dureza permanente, que sería la cantidad de Ca y Mg que queda en el agua después de precipitar los carbonatos y bicarbonatos **(IGME, 2012)**.

- f. **Boro:** Los compuestos de boro se utilizan en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes, y también como ignífugos. La mayor exposición al boro de la población general es mediante el consumo de alimentos, ya que se encuentra naturalmente en muchas plantas comestibles. El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas, pero su presencia en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido en aguas superficiales de efluentes de aguas residuales tratadas (a las que accede por su utilización en ciertos detergentes **(OMS, 2008)**).

En el caso del ser humano los valores guía son de 1,50 mg/l B, ya que este elemento interviene en un pequeño porcentaje en la formación de los huesos de los niños, así mismo, ante altas dosis se ha reportado males como la “borosis” que consiste en problemas en el sistema nervioso, ocasionando desubicación y estados alterados de la conciencia.

- g. **Sulfatos:** La concentración de sulfatos en el agua depende de la ubicación geográfica de la fuente, ya que estas sales están

asociados a fuentes volcánicas, las aguas pasan por sectores donde existen depósitos de tufos volcánicos por lo que generalmente se asocia a elementos químicos como hierro y manganeso, el valor guía está asociado a la aceptabilidad en el sabor, con un límite de 250 mg/l  $\text{SO}_4$ , así mismo, valores por encima de 1000 mg/l  $\text{SO}_4$ , generan problemas gastrointestinales, ya que los sulfatos forman complejos a esas concentraciones con las sales de aluminio y magnesio, por lo que se vuelven laxantes **(IGME, 2012)**.

- h. Nitratos:** Los nitratos suelen estar en aguas naturales en proporciones menores a 10,0 mg/l, pero estas concentraciones se rebasan ampliamente en muchos acuíferos debido a la utilización excesiva de fertilizantes nitrogenados en cultivos de regadío. Son muy móviles y conservativos en las aguas subterráneas. En concentraciones elevadas se une con los glóbulos rojos de la sangre que transportan el oxígeno, impidiendo la llegada de éste a las células y provocando la hemoglobinemia, enfermedad especialmente grave en lactantes **(IGME, 2012)**.

Este compuesto está relacionado a aspectos orgánicos en el agua, así mismo, relacionado a la materia orgánica que presenta el agua en su composición, el nivel de nitratos interviene en el crecimiento de los cultivos, sin embargo, en el ser humano se ha reportado que causa problemas desde valores de 25 mg/l  $\text{NO}_3$ , ya

que se han reportado problemas en el caso de niños con metahemoglobina (falta de oxígeno en la sangre por la acción inhibidora de los nitratos), en el norte de Chile, por lo que se recomienda que este parámetro no exceda los valores de 25 mg/l NO<sub>3</sub>, a pesar que la norma indica valores de 50 mg/l NO<sub>3</sub>.

### **2.8.2 Microbiológicos**

Se puede definir el análisis microbiológico como el conjunto de operaciones encaminadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua.

Microorganismos Indicadores: La gran variedad de bacterias patógenas que puedan encontrarse en una muestra de agua, así como la complejidad de la mayor parte de las técnicas de enriquecimiento y aislamiento, hacen inviable el control rutinario de todos aquellos microorganismos con importancia sanitaria. Ello ha hecho necesario elegir tipos de microorganismos indicadores, que deben cumplir los siguientes requisitos:

- Ser fáciles de aislar, cultivar e identificar en el laboratorio.
- Ser relativamente inocuos para el hombre y los animales.
- Su presencia y concentración en el agua debe estar relacionada, cualitativamente y cuantitativamente, con los de

otros microorganismos, patógenos y/o de aislamiento más difícil.

- Ser más resistentes que los patógenos frente a los agentes desinfectantes **(APHA, 2005)**.

- a. **Bacterias Coliformes Totales:** Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

Actualmente, no se recomienda para la evaluación de la calidad de las aguas debido a que muchos de sus miembros pueden encontrarse de forma natural en aguas, suelos o vegetación.

- b. **Coliformes Termotolerantes:** Los coliformes termotolerantes son aquellos coliformes propios del tracto intestinal del hombre y los vertebrados de sangre caliente, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 44,5 °C, comprenden a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Las fuentes proveniente de estos contaminantes son los vertidos domésticos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, corrientes urbanas, granjas de animales y

parques, goteos de aguas de aves y aplicaciones a la tierra de residuos de animales. La presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes. **(APHA, 2005).**

- c. **Bacterias Heterótrofas:** Debido a que el agua contiene una cantidad abundante de bacterias heterótrofas, las organizaciones de salud de todo el mundo han establecido guías en relación con un nivel seguro de bacterias heterótrofas que el agua debe tener para el consumo humano. Las bacterias heterótrofas pueden estar presentes en el agua potable incluso después de que ésta ha sido tratada químicamente. A veces estos gérmenes pueden ser patógenos, como *Pseudomonas aeruginosa* que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en aguas tratadas, esto debido a una densa capa polisacárida, la cual establece una barrera no solo física sino química capaz de proteger a la bacteria de las moléculas e iones de cloro libre residual **(Reilly, 2000)**. La mayoría de estas bacterias no son patógenas para el hombre, sin embargo, muchas de ellas son oportunistas como es el caso de *Pseudomonas aeruginosa*, los géneros *Flavobacterium* y *Acinetobacter*. Asimismo, se realizó un estudio comparativo para evaluar el establecimiento poblacional de *Pseudomonas aeruginosa* y coliformes fecales en agua de

consumo humano, encontrando que al aumentar la proporción entre *Pseudomonas aeruginosa* y coliformes fecales, éstos últimos disminuyen, demostrando que los catabolitos de *Pseudomonas aeruginosa* (piocinas) tienen efecto bactericida sobre coliformes, principalmente *E. coli*, lo cual produciría su disminución o diseminación conduciendo a resultados erróneos en el control de calidad **(Contreras y col., 2006)**.

Según las normas peruanas de la Calidad de Agua para el Consumo Humano, aprobado en el 2010, da como límites permisibles microbiológicos y parasitológicos los siguientes:

**Cuadro 03: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35 °C	0 (*)
2. <i>E. coli</i>	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
3. Coliformes Termotolerantes.	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.	N° org./L	0
6. Virus	UFC/MI	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0

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

**Fuente:** Reglamento de la Calidad de Agua para el Consumo Humano Perú-2010

## **2.9 Características de los pozos subterráneos**

### **2.9.1 Pozo PV-1**

Se encuentra ubicado en el sector Viñani, al Sureste de la ciudad de Tacna, fue construido en los años 2003 – 2004 por el Proyecto Especial Tacna, para atender las necesidades de agua de la población en la ciudad de Tacna, en especial del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. El pozo PV-1 se encuentra referencialmente alejado a las lagunas de aguas residuales del Cerro Arunta a una distancia de 1970 m, lo cual lo ubica como un pozo alejado a estas unidades de almacenamiento de aguas servidas, esta unidad se encuentra protegida por una caseta de control y cuenta además con un muro de seguridad. Su ubicación se ha definido mediante coordenadas UTM WGS 84 E 368756 N 8000215, cota collar 407 m.s.n.m. **(Anexo 3)**

### **2.9.2 Pozo PV-2**

Se encuentra ubicado en el sector Viñani, al Sureste de la ciudad de Tacna, fue construido en los años 2003 – 2004 por el Proyecto Especial Tacna, para atender las necesidades de agua de la población en la ciudad de Tacna, en especial del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa. El pozo PV-2 se encuentra parcialmente alejado a las lagunas de aguas residuales del Cerro Arunta a una

distancia de 645 m, lo cual lo ubica como el pozo cercano a estas unidades de almacenamiento de aguas servidas, esta unidad se encuentra protegida por una caseta de control y cuenta además con un muro de seguridad. Su ubicación se ha definido mediante coordenadas UTM WGS – 84 E 367467 N 7999656, cota collar 393 m.s.n.m. **(Anexo 03)**.

### **2.9.3 Pozo PV-3**

El pozo PV-3 se encuentra próximo a las lagunas de aguas residuales del Cerro Arunta a una distancia de 165 m, lo cual lo ubica como el pozo más cercano a estas unidades de almacenamiento de aguas servidas, esta unidad se encuentra protegida por una caseta de control y cuenta además con un muro de seguridad de 25 x 40 m. Su ubicación se ha definido mediante coordenadas UTM WGS – 84 E 366685 N 7998967, cota collar 379 m.s.n.m. **(Anexo 03)**.

### **2.9.4 Pozo PV – 4**

Se encuentra ubicado en el sector Viñani, al Sureste de la ciudad de Tacna, fue construido en los años 2009 – 2010 por la EPS Tacna, para atender las necesidades de agua de la población de la ciudad de Tacna. El agua del pozo PV – 3 como también del

PV – 4, es bombeada a la estación de bombeo EB – 3, de donde se distribuye a los diferentes sectores del distrito de Tacna, Distrito Gregorio Albarracín los 50 000 habitantes. Su ubicación se ha definido mediante coordenadas

UTM WGS – 84 E 365816 N 7998595, cota collar 370 m.s.n.m.

**(Anexo 03)**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Materiales**

##### **3.1.1 Materiales de laboratorio**

- Pipetas volumétricas de 1 ml, 5 ml y 10 ml
- Probeta de vidrio de 50 ml y 100 ml
- Pizetas de 250 ml y 500 ml
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml
- Vaso precipitado 250 ml
- Espátula metálica con mango de madera
- Algodón
- Alcohol 96°
- Guantes polietileno
- Agua destilada conductividad < 5 us/cm

##### **3.1.2 Equipos de laboratorio**

- Equipo de Turbidímetro
- Equipo de Multiparámetro portátil
- Espectrofotómetro
- Equipo de absorción atómica
- Cámara extractora de gases
- Autoclave

- Incubador
- Contador de colonias
- Estufa
- Baño María

### **3.1.3 Materiales de campo**

- Papel Kraft
- Frascos de vidrio
- Plumón indeleble
- Baldes
- Cinta adhesiva
- Bolsas de polietileno
- Varilla de metal
- Maletín portátil
- Cooler

### **3.1.4 Material fotográfico**

- Cámara fotográfica
- Pilas AAA

### **3.1.5 Software de análisis de datos**

### **3.1.6 Servicios**

- Alquiler de camioneta
- Alquiler de GPS

## **3.2 Metodología**

### **3.2.1 Tipo y diseño de investigación:**

Es un trabajo descriptivo en donde los datos descriptivos se expresaron en términos cuantitativos. Se describe las características microbiológica y fisicoquímica de las fuentes de aguas subterráneas del subsuelo ubicado en la localidad de Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa.

### **3.2.2 Variables:**

✓ Independiente:

Agua subterránea de consumo humano de pozos Viñani.

✓ Dependiente:

Calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas subterráneas.

### **3.2.3 Indicadores**

Concentración de Coliformes Totales

Concentración de Coliformes Termotolerantes

Concentración de Bacterias Heterótrofas

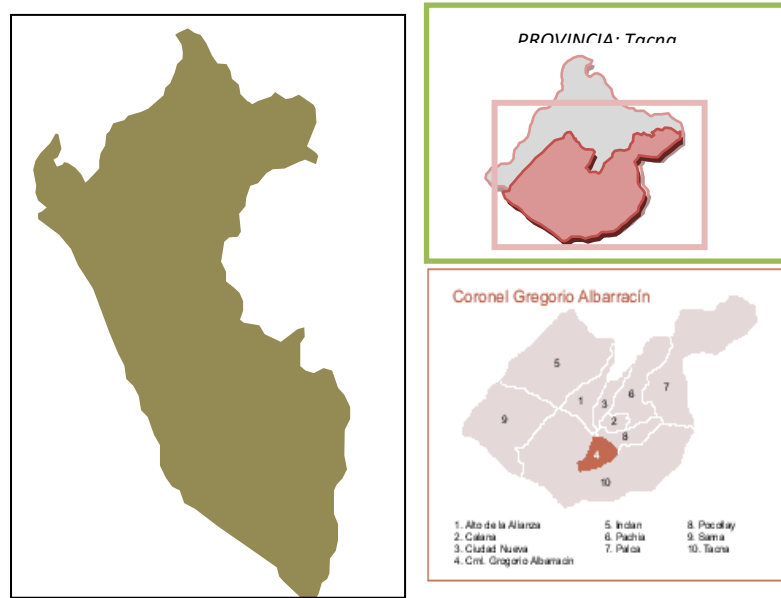
Concentración de pH, Turbidez, Conductividad,

Concentración de Nitratos, Sulfatos, Cloruros, Dureza total, Boro y Aluminio.

### 3.2.4 Población y muestra

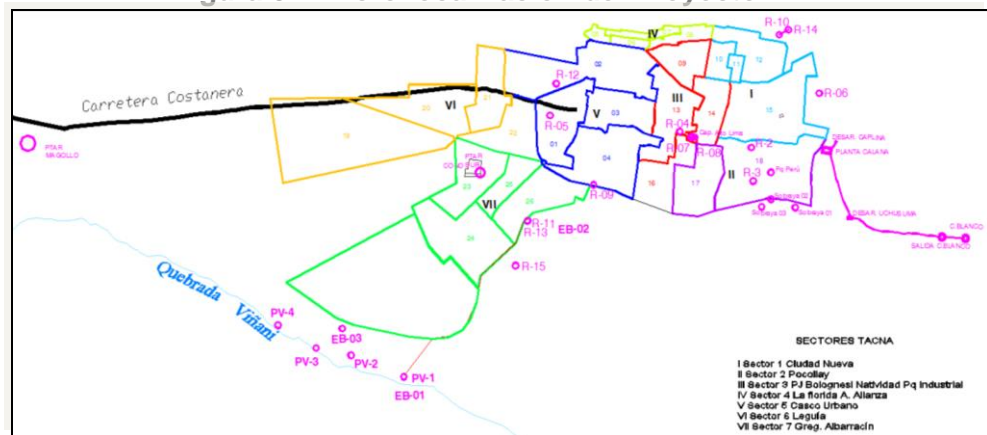
Zona de Muestra: Aguas subterráneas de los 4 pozos de la localidad de Viñani, distrito Gregorio Albarracín, provincia Tacna, región y departamento de Tacna

**Figura 01: Esquema de macro localización del estudio**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 02: Micro localización del Proyecto**



Fuente: Elaboración propia

**Población:** aguas subterráneas de consumo humano

**Muestreo:** El estudio se realizó en los pozos de aguas subterráneas de uso poblacional del distrito Gregorio Albarracín, provincia Tacna, región y departamento de Tacna. Se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico de los cuatro pozos de aguas subterráneas de la localidad de Viñani (PV-1, PV-2, PV-3 y PV-4) de la EPS Tacna S.A. destinados para consumo humano del distrito Gregorio Albarracín, provincia Tacna, región y departamento de Tacna.

**Técnicas de muestreo:** Cumpliendo rigurosamente los procedimientos de muestreo preservación y traslado de muestras al laboratorio, las muestras analizadas fueron recolectadas en frascos de vidrio herméticos estériles y frascos de PVC de primer uso de diversas capacidades de 250 mL, 500 mL y 1000 mL, almacenadas en un cooler con refrigerante, identificadas y preservadas debidamente. Fue recomendable, que transcurra el menor tiempo posible entre la obtención de la muestra y su análisis, el cual no excedió en algunos casos de 6 horas y en circunstancias especiales de 24 horas. Las muestras fueron enviadas en cajas térmicas, aisladas de la influencia de la luz solar y con disponibilidad de espacio para la colocación del material refrigerante. **CEPIS/OPS (2000).**

**Procesamiento de las Muestras:** Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron realizados siguiendo procedimientos estandarizados. Entre los procedimientos utilizados se tiene a los métodos

recomendados por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Método Estándar para el Análisis de Agua y Aguas Residuales publicado por la AWWA, USPH y WPCF de los Estados Unidos de Norteamérica.

**Recolección y análisis de datos:** La información recabada fue registrada en una base de datos, en formatos en los que se indicaba la frecuencia del control de los parámetros, los resultados obtenidos fueron analizados mediante paquetes estadístico, las incidencias presentadas y las medidas correctivas adoptadas. El estudio se realizó en 03 etapas: En la primera etapa se realizó la evaluación de campo con la toma de muestras del agua de los pozos subterráneos de Viñani PV-1, PV-2, PV-3 y PV-4 para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en un laboratorio acreditado, donde se tomó datos de campo y el muestreo respectivo para el análisis y efectos de estudio y comparaciones. La segunda etapa se realizó en el laboratorio de EPS- Tacna donde se realizaron los ensayos fisicoquímicos a las muestras recolectadas de campo, asimismo, se ejecutaron los ensayos bacteriológicos para la determinación de Coliformes totales y Termotolerantes. La tercera etapa se hizo en escritorio con toda la información disponible donde se realizó la evaluación la calidad del agua con la aplicación de programas estadísticos y software para la evaluación de los principales parámetros analizados, para determinar la potabilidad de las aguas evaluadas, así mismo, se realizó el estudio de grado de influencia de las aguas residuales del sector Arunta hacia las aguas subterráneas de Viñani.

### 3.2.5 Análisis Microbiológico

Se priorizó la técnica del filtro de membrana, que implica una siembra directa para la detección y cálculo de la densidad de coliformes y bacterias (OMS, 2008)

#### a. Análisis de Coliformes Totales método de filtración por membrana (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B*)

- Se colocó la membrana de 0,45 mm en el soporte con pinza estéril.
- Se homogenizó la muestra agitándola vigorosamente 25 veces, con movimientos de arriba abajo.
- Se añadió 100 ml de la muestra, en el vaso del filtro y aplicó al vacío, para hacer pasar la muestra a través de la membrana. El vacío no debe exceder de 15 libras de presión.
- Se retiró la membrana con una pinza estéril y depositó en una placa Petri, preparada previamente con 4 ml de Agar Endo - Les.

**Nota:** Para esterilizar las pinzas, se procede a sumergirlas en alcohol y pasarlo por un mechero de Bunsen. Se deja enfriar antes de utilizar las Pinzas.

- La placa se llevó a la incubadora en forma invertida, por un tiempo de 24 horas. A una temperatura de  $35 \pm 0.5$  °C.

**b. Análisis de Coliformes Termotolerantes** (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B*)

- Se colocó la membrana de 0,45 mm en el soporte con pinza estéril.
- Se homogenizó la muestra agitándola vigorosamente 25 veces, con movimientos de arriba abajo.
- Se añadió 100 ml de la muestra, en el vaso del filtro y aplicó al vacío, para hacer pasar la muestra a través de la membrana. El vacío no debe exceder de 15 libras de presión.
- Se retiró la membrana con una pinza estéril y depositó en una placa Petri, preparada previamente con 4 ml de medio de cultivo M-FC y se incubó a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  en posición invertida durante 24 h.

**Nota:** Para esterilizar las pinzas, se procede a sumergirlas en alcohol y pasarlo por un mechero de Bunsen. Se dejó enfriar antes de utilizar las Pinzas.

**c. Análisis de Bacterias Heterotróficas (Metodo de Recuento en Placa)** (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B*)

- Se homogenizó la muestra no menos de 25 veces.
- Se adicionó un volumen de 1 ml de muestra a una placa Petri estéril de 15 mm x 100 mm.

- Se vertió agar licuado (preservado a 45 °C) en la placa
- Se homogenizó en la superficie de la mesa, se dejó reposar por unos minutos.
- Se incubó a 35 °C por 48 horas.

### **Lectura**

- Después de un periodo determinado de incubación, se hizo el conteo de todas las colonias de las placas seleccionadas haciendo uso del contador de colonias.
- Se consideró solo las placas que tienen entre 30 y 300 colonias.

### **Expresión de resultados**

Expresa los resultados como UFC/mL (unidades formadoras de colonias por mililitro).

### **3.2.6 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO**

- a. Determinación de la Turbidez (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B*)

#### **Procedimiento:**

- Se agitó la muestra para homogenizar.
- Se ambientó la celda de medición con la muestra.

- Se agregó 15 mL de muestra en la celda y se colocó en el turbidímetro.
  - Se leyó el valor mostrado por el equipo.
  - Se repitió la medición con muestra nueva.
  - Se calculó el promedio de las dos lecturas realizadas por cada muestra.
  - Consistió en operar un equipo llamado turbidímetro el cual contiene un nefelómetro en una fuente de luz para iluminar la muestra y uno o más detectores fotoeléctricos con un dispositivo de lectura exterior.
  - Indicar la intensidad de la luz dispersada a 90° de la vía de luz incidente.
  - La sensibilidad del instrumento debe permitir la detección de diferencias de turbidez de 0,02 UNT o menos, en aguas con cifras de menos de 1 UNT con margen de 0 a 999 UNT
- b. Determinación de pH (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B*).

**Procedimiento:**

- Antes del uso se extrajo los electrodos de la solución de conservación, se lavó y secó con un paño suave.
- Se colocó en la solución tampón inicial pH 7, para calibrar.
- Se extrajo los electrodos de la solución tampón, se lavó y secó con un paño suave de nuevo.

- Se colocó en la segunda solución tampón pH 4,0, para calibrar.
  - Se extrajo los electrodos de la segunda solución tampón, se lavó y secó con un paño suave de nuevo.
  - Se colocó los electrodos en la muestra y se agitó para asegurar la homogeneidad.
  - Se anotó la lectura de las unidades de pH. Se calculó el promedio de las dos lecturas realizadas por cada muestra.
- c. Determinación de la Conductividad (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B.*)

**Procedimiento:**

- Se agitó la muestra para homogenizar.
  - Antes de su uso se extrajo los electrodos de la solución de conservación, se lavó y secó con un paño suave.
  - Se colocó los electrodos en la muestra y se agitó para asegurar la homogeneidad.
  - Se anotó la lectura. Se calculó el promedio de las dos lecturas realizadas por cada muestra.
- d. Determinación de dureza (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B.*)

**Procedimiento:**

- Se obtuvo 25,0 mL de muestra y se agregó en Erlenmeyer.
  - Se añadió entre 1 y 2 mL de solución tampón (cloruro de amonio-hidróxido de amonio. Por lo general, 1 mL será suficiente para dar un pH de 10,0 a 10,1.
  - Se añadió una o dos gotas de solución indicadora de rojo de eriocromo.
  - Poco a poco, se fue añadiendo el titulante EDTA estándar, removiendo continuamente, hasta que desapareció los últimos matices rojizos. Se añadió las últimas gotas con intervalos de 3-5 segundos. En el punto final la coloración fue azul.
- e. Determinación de Cloruros (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B.*)

**Procedimiento:**

- Se utilizó una muestra de 100 mL y se mezcló.
- Se dejó sedimentar y se filtró.
- Se ajustó directamente las muestras a pH entre 7 y 10 (regulando con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N o NaOH 0,1 si no estuvieran en ese rango.)
- Se añadió 1,0 mL de solución indicadora de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ .
- Se tituló con  $\text{AgNO}_3$  0,1N previamente estandarizado hasta un punto final amarillo rosado.

- Se estableció el valor del blanco por el método de titulación descrito anteriormente utilizando agua destilada

**f. Determinación de Boro (HACH, 2000 – ISO 9001)**

**Procedimiento:**

- Se necesitó un sobre de reactivo en polvo de carmín.
- En un frasco se midió 75 mL de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  concentrado y se agregó el sobre del reactivo de carmín, se agitó.
- Se utilizó 8 celdas, en 7 se adicionó 1 mL de muestra y una se utilizó de blanco (solución estándar de sulfato  $\text{SO}_4$ ).
- Se adicionó del primer preparado 8,75 mL a cada una de las celdas.
- Se midió la absorbancia utilizando el blanco de referencia.

**g. Determinación del Aluminio (HACH, 2000 – ISO 9001)**

**Procedimiento**

Se siguió el método 8326/ Método Ericromocianina R del manual de análisis de agua de HACH (**Anexo 04**).

**h. Determinación de Sulfatos (HACH, 2000 – ISO 9001)**

**Procedimiento**

Se siguió el método 8051 / Método SulfaVer 4 del manual de análisis de agua de HACH (**Anexo 05**).

**i. Determinación de Nitratos (HACH, 2000 – ISO 9001)**

**Procedimiento:**

Se siguió el método 8171 / Método de Reducción de Cadmio (pag.785) del manual de análisis de agua de HACH (**Anexo 06**).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Resultados Bacteriológicos

En el Cuadro 04 se presenta un resumen de todos los resultados microbiológicos obtenidos de los 4 Pozos realizados en el distrito Gregorio Albarracín Lanchipa del sector Viñani. Se obtuvo resultados del año 2014 analizando 3 parámetros: Bacterias Heterotróficas, Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes, comparados con la Norma Calidad de Agua para Consumo Humano D.S N°031-2010-S.A. Según la Norma debe haber ausencia en 1,8/100 ml para Coliformes totales como para Coliformes Termotolerantes, los análisis realizados en los pozos se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la Norma mencionada, de los cuales los cuatro pozos se encontraron aptos, la Norma señala también que los valores para la presencia de Bacterias Heterotróficas que pueden existir no debe ser mayor a 500 UFC/ml, no cumpliendo con estos valores los pozos: **PV-1**, y el **PV-2**

**Cuadro 04: Valores de los análisis bacteriológicos realizados en los Pozos de Viñani  
año 2014**

Muestras		Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Bacterias Heterotróf.	Norma Calidad de Agua D.S. N°031-2010-S.A	Coliformes totales	Norma Calidad de Agua D.S. N°031-2010-S.A	Colif. Termot.
2014	UFC/ml		35°C (UFC/100 ml)		44°C (UFC/100 ml)		
PV-1	14-mar	< 500	4	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	15-jun	< 500	910	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	24-jun	< 500	260	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	18-sep	< 500	10	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	03-nov	< 500	7700	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	11-dic	< 500	260	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
PV-2	14-mar	< 500	40	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	15-jun	< 500	670	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	24-jun	< 500	910	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	18-sep	< 500	15	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	03-nov	< 500	66	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	11-dic	< 500	910	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
PV-3	14-mar	< 500	32	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	15-jun	< 500	15	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	24-jun	< 500	77	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	18-sep	< 500	74	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	03-nov	< 500	50	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	11-dic	< 500	70	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
PV-4	14-mar	< 500	25	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	15-jun	< 500	75	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	24-jun	< 500	60	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	18-sep	< 500	18	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	03-nov	< 500	230	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8
	11-dic	< 500	90	0 (*)	<1,8	0 (*)	<1,8

**Cuadro 05: Valores en porcentaje de cada pozo**

AÑO	PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
2014	APTO	APTO	APTO	APTO
	NO APTO	NO APTO	APTO	APTO
	APTO	NO APTO	APTO	APTO
	APTO	APTO	APTO	APTO
	NO APTO	APTO	APTO	APTO
	APTO	NO APTO	APTO	APTO
<b>APTO</b>	66,67%	60,00%	100,00%	100,00%
<b>NO APTO</b>	33,33%	60,00%	0,00%	0,00%

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

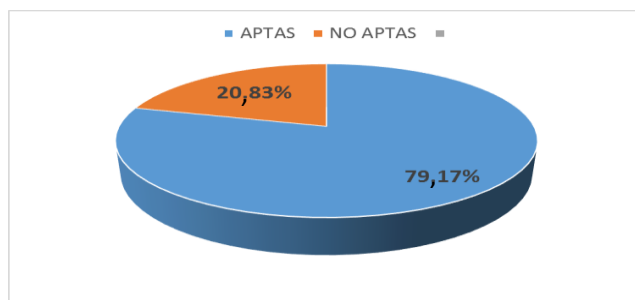
El 33,33 % de las muestras de agua subterránea del PV-1 no son aptas, el 60 % de muestras en el PV-2 no son aptas y en PV-3 Y PV-4 el 100 % son aptas.

**Cuadro 06: Valores en porcentaje del total de muestras**

	MUESTRAS	%
<b>APTAS</b>	19	79,17%
<b>NO APTAS</b>	5	20,83%
<b>TOTAL</b>	24	100,00%

*Fuente: Elaboración Propia*

De las 24 de muestras se obtuvo que el 79,17% son aptas y el 20,83 % no aptas para el consumo humano.



**Figura 03: Valores en porcentaje del total de muestras**

*Fuente: Elaboración propia*

## PV-1

En el Cuadro 07 se observó los valores encontrados en el análisis microbiológico para Bacterias Heterotróficas, resultados en donde el (PV-1) sobrepasó los valores establecidos por la Norma (< 500 UFC/ml), en la primera toma de muestra dio un valor de 910 UFC/ml y la segunda toma de muestra, cuyo valor microbiológico sobrepasó lo establecido en la Norma del Reglamento de la Calidad de Agua D.S N° 031-2010-S.A, con 7700 UFC/ml. Por otro lado, no hubo presencia de coliformes totales ni de coliformes Termotolerantes.

**Cuadro 07: Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-1**

Muestras		Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Bacterias Heterot. UFC/ml	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Coliformes Totales 35°C (UFC/100 ml)	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Colif. Termot 44°C (UFC/100ml)
<b>2014</b>							
	<b>PV-1</b>						
1.	14-mar	< 500	4	0	<1,8	0	<1,8
2.	15-jun	< 500	910	0	<1,8	0	<1,8
3.	24-jun	< 500	260	0	<1,8	0	<1,8
4.	18-sep	< 500	10	0	<1,8	0	<1,8
5.	03-nov	< 500	7700	0	<1,8	0	<1,8
6.	11-dic	< 500	260	0	<1,8	0	<1,8

*Fuente: Elaboración propia*

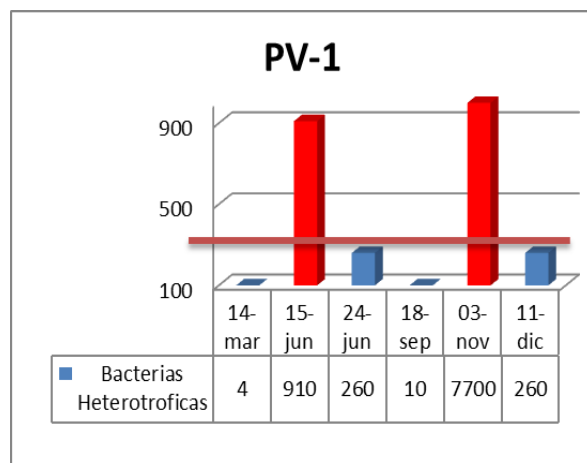


Figura 04: Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis para bacterias Heterotróficas, del PV-1 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA

Fuente: Elaboración propia

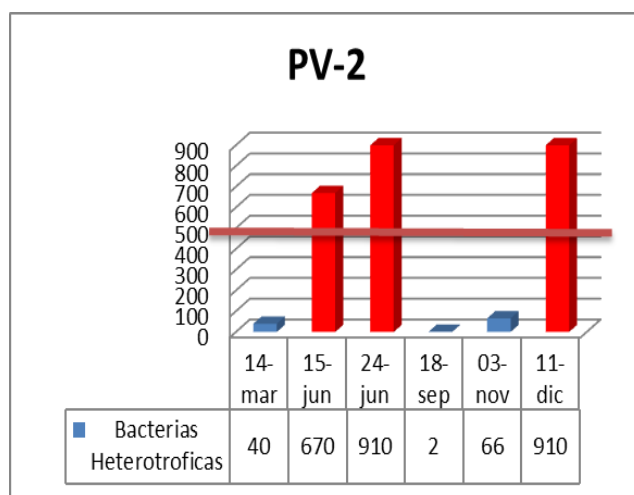
## PV-2

En el cuadro 08 se observó los valores microbiológicos encontrados en el recuento de Bacterias Heterotróficas, dando como resultado que en el segundo pozo del sector Viñani sobrepasaron la Norma establecida que hace referencia a menos de 500 UF/ml. El resultado obtenido en el primer monitoreo fue de 670 UFC/ml, en el segundo monitoreo se obtuvo un valor de 910 UFC/ml y el tercero se obtuvo un valor de 910 UFC/ml.

**Cuadro 08: Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-2**

Muestras		Norma Calidad de Agua D.S N°031- 2010-S.A	Bact. Heterotrof.  UFC/ml	Norma Calidad de Agua D.S N°031- 2010-S.A	Colif. Totales  35°C (UFC/100ml)	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010- S.A	Colif. Termot.  44°C (UFC/100ml)
<b>2014</b>							
<b>PV-2</b>							
1.	14-mar	< 500	40	0	<1,8	0	<1,8
2.	15-jun	< 500	670	0	<1,8	0	<1,8
3.	24-jun	< 500	910	0	<1,8	0	<1,8
4.	03-nov	< 500	66	0	<1,8	0	<1,8
5.	11-dic	< 500	910	0	<1,8	0	<1,8

*Fuente: Elaboración propia*



*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 05: Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-2 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.**

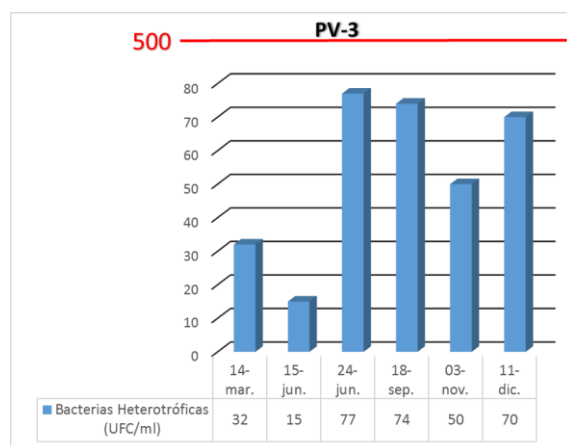
### PV-3

En el Cuadro 09 se indica los valores microbiológicos de las Bacterias Heterotróficas dando como resultado que en el tercer pozo del sector Viñani se encontraron dentro de la Norma establecida que hace referencia a menos de 500 UFC/ml. Por otro lado, no hubo presencia de coliformes totales ni presencia de coliformes Termotolerantes, lo cual indicó que estuvieron dentro de la Norma establecida.

**Cuadro 09: Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV-3**

Muestras	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Bact. Heterot UFC/ml	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Colif. Totales 35°C (UFC/100ml)	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Colif. Termot. 44°C (UFC/100ml)
<b>2014</b>						
<b>PV-3</b>						
14-mar	< 500	32	0	<1,8	0	<1,8
15-jun	< 500	15	0	<1,8	0	<1,8
24-jun	< 500	77	0	<1,8	0	<1,8
18-sep	< 500	74	0	<1,8	0	<1,8
03-nov	< 500	50	0	<1,8	0	<1,8
11-dic	< 500	70	0	<1,8	0	<1,8

*Fuente: Elaboración propia*



Fuente: Elaboración propia

Figura 06: Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-3 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.

#### PV-4

En el Cuadro 10 se indica los valores microbiológicos encontrados de Bacterias Heterotróficas, dando como resultado que en el cuarto pozo del sector Viñani se encontraron dentro de la Norma establecida, que hace referencia a menos de 500 UF/ml.

Cuadro 10: Resultados obtenidos del análisis bacteriológico del PV4

Muestras	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Bact. Heterot UFC/ml	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Colif. Totales 35°C (UFC/100 ml)	Norma Calidad de Agua D.S N°031-2010-S.A	Colif. Termot. 44°C (UFC/100ml)	
<b>2014</b>							
<b>PV-4</b>							
1.	13-mar	< 500	25	0	<1,8	0	<1,8
2.	03-jun	< 500	75	0	<1,8	0	<1,8
3.	19-sep	< 500	18	0	<1,8	0	<1,8
4	03-nov	< 500	230	0	<1,8	0	<1,8
5	11-dic	< 500	90	0	<1,8	0	<1,8

Fuente: Elaboración propia

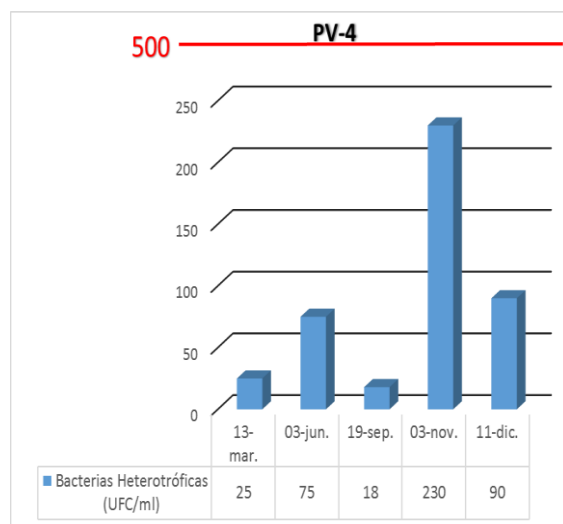


Figura 07: Comparación entre valores indicados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A., y los valores encontrados en los análisis de bacterias Heterotróficas, del PV-4 realizados en los laboratorios de EPS-TACNA.

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Análisis fisicoquímicos

Los análisis fisicoquímicos del agua subterránea que se realizaron fueron pH, turbidez, conductividad, cloruros, dureza total, sulfatos, aluminio, manganeso, boro, calcio y nitratos, siguiendo los métodos reconocidos por (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition, 2005, section 9215B). Tomando los valores aprobados por el D.S. N° 002-2008-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

En el Cuadro 11 se obtuvo resultados desde el año 2010 hasta el año 2014, para el año 2010 los análisis de Boro, del **PV-4** fue de 0,7 mg/l B. Los Sulfatos, más elevados, lo obtuvo el **PV-3** con 384 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$ . En el

año 2011 el **PV-2** obtuvo un valor de 396 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$ .y el **PV-4** con 345 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$ . En el año 2012, la conductividad del **PV-2** no cumplió con la norma establecida registrándose un valor de 1566  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , los sulfatos en el **PV-2** fue de 414,5 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$ . La dureza que presentó el **PV-2** fue de 592,5 mg/l de  $\text{CaCO}_3$  sobrepasando lo que indica la norma, que es de 500 mg/l  $\text{CaCO}_3$ . En el año 2013, el valor mas alto obtenido de **PV-4** fue 1,15 mg/l B, de Sulfatos para el **PV-2** fue de 399,5 mg/l  $\text{SO}_4^{-2}$ , la dureza del **PV-2** fue de 526,83 mg/l  $\text{CaCO}_3$  . En el año 2014, el valor mas alto obtenido de Boro en el **PV-4** fue de 1,96 mg/l B y la norma pone como límite el valor de 0,5 mg/l B; se halló que el **PV-3**, en relación a los Sulfatos, 300,4mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$  sobrepasando los límites de la Norma de valor 250 mg/L  $\text{SO}_4^{-2}$ .

**Cuadro 11: Resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas desde el  
año 2010 – 2014**

<b>Año</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Norma ECA- D.S.N°002- 2008- MINAM (*)</b>	<b>PV-1</b>	<b>PV-2</b>	<b>PV-3</b>	<b>PV-4</b>
2010	pH	Valor de pH	6,5 - 8,5	7,36	7,68	7,52	7,6
2010	Turbidez	UNT	5	0,78	0,9	2,03	2,14
2010	Conductividad	us/cm	1500	695	1195	1386	1260
2010	Nitratos	mg/l N	10	1,0025	0,8575	2,58	2,58
2010	Boro	mg/l B	0,5	--	--	0,5	0,7
2010	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> =	250	97,25	308,5	384	335
2010	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,00375	0,014	-	0,1965
2010	Cloruros	mg/l Cl-	250	121,5	149	177	150
2010	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	220	465	410	440
2011	pH	Valor de pH	6,5 - 8,5	7,425	7,57	--	7,54
2011	Turbidez	UNT	5	0,63	1,16	--	1,43
2011	Conductividad	us/cm	1500	699,75	1400	--	1272,5
2011	Nitratos	mg/l N	10	1,1025	2,675	--	2,38
2011	Boro	mg/l B	0,5	0,39	--	--	--
2011	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	97,5	396	--	345
2011	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,00625	0,0075	--	0,0095
2011	Cloruros	mg/l Cl-	250	129	157,5	--	150,5
2011	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	242,5	500	--	450
2012	pH	Valor de pH	6,5 - 8,5	7,5	7,52	--	7,62
2012	Turbidez	UNT	5	0,42	1,52	--	1,58
2012	Conductividad	us/cm	1500	645	1566	--	1268,75
2012	Nitratos	mg/l N	10	1,15	1,36	--	3,21
2012	Boro	mg/l B	0,5	--	--	--	--
2012	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	91,333	414,5	--	342,25
2012	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,005	0,00725	--	0,05125
2012	Cloruros	mg/l Cl-	250	114,33	191,25	--	153,25
2012	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	220	592,5	--	495

Año	Parámetro	Unidad	Norma ECA-D.S.N°002-2008-MINAM (*)	PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
2013	pH	Valor de pH	6,5 – 8,5	7,36	7,20	7,65	7,28
2013	Turbidez	UNT	5	0,56	0,59	0,55	0,48
2013	Conductividad	us/cm	1500	462.33	1353	1305.17	1257
2013	Nitratos	mg/l N	10	0.96	2.643	3,539	3,09
2013	Boro	mg/l B	0,5	0,59505	0,96059	1,0886	1,15
2013	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	74,93	399,5	358,2	357,5
2013	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,01053	0,01279	0,022	0,039
2013	Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	250	63,566	183,6	176,36	143
2013	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	136.58	526,83	506,02	490
2014	pH	Valor de pH	6,5 - 8,5	7,44	7,45	7,54	7,5
2014	Turbidez	UNT	5	0,36	0,44	0,4	3,1
2014	Conductividad	us/cm	1500	485,4	1383,2	1255,4	1107
2014	Nitratos	mg/l N	10	2,345	2,9443	4,08	1,24
2014	Boro	mg/l B	0,5	0,44609	0,81483	1,08153	1,96
2014	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	125,286	279,129	300,4	271,5
2014	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,00464	0,00632	0,00774	0,017
2014	Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	250	90,98429	160,8814	166,9286	148,9
2014	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	202,09143	417,34714	488,58429	451,8

**Fuente:** Elaboración propia - (\*) A1 Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección

**Cuadro 12: Valores en porcentaje para cada pozo**

Año	PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
2010	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
2011	APTO	NO APTO	--	NO APTO
2012	APTO	NO APTO	--	NO APTO
2013	NO APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
2014	APTO	NO APTO	NO APTO	NO APTO
<b>APTOS</b>	80,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>NO APTOS</b>	20,00%	100,00%	60,00%	100,00%
<b>SIN DATOS</b>	--	--	40,00%	--

*Fuente: Elaboración propia*

El 20 % de las muestras de agua subterránea del PV-1 no fueron aptas, el 100% de muestras en el PV-2 no fueron aptas, PV-3 el 60 %- de muestras de agua no fueron aptas y el 40 % no se obtuvo datos por paralización y el PV-4 el 100 % de muestras de agua para consumo humano no fueron aptas.

**Cuadro 13: Valores en porcentaje del total de muestras**

	MUESTRAS	%
<b>APTO</b>	4	20 %
<b>NO APTO</b>	14	70 %
<b>SIN DATOS</b>	2	10 %
<b>TOTAL</b>	<b>20</b>	<b>100 %</b>

*Fuente: Elaboración propia*

De las 20 de muestras se obtuvo que el 20 % fueron aptas, el 70 % no aptas para el consumo humano y un 10 % de donde no se obtuvo resultados por paralización del pozo.

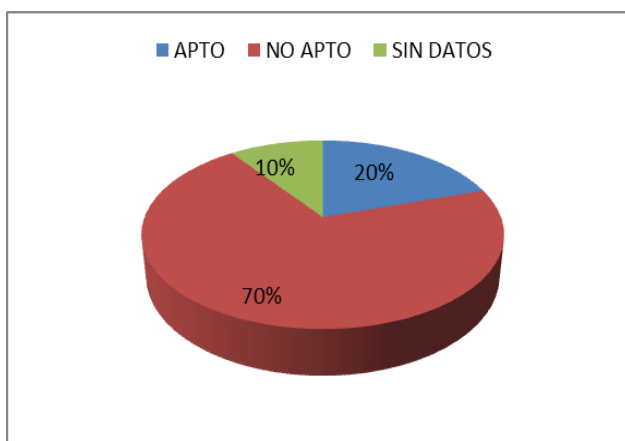


Figura 08: Valores en porcentaje del total de muestras

Fuente: Elaboración propia

## pH

Se muestran los valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se indican los valores encontrados en los análisis fisicoquímicos.

El **PV-1** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

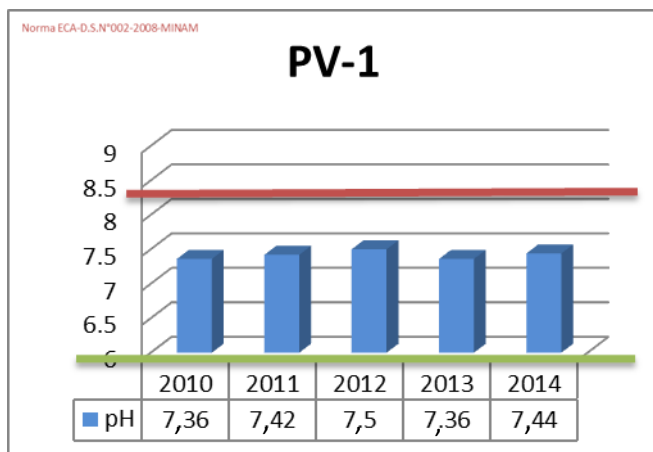


Figura 09: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM, y los valores de pH del PV-1, durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

El **PV 2** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplieron con la Norma.

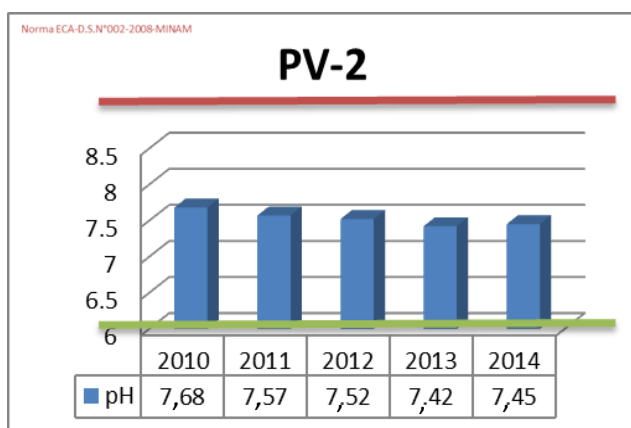


Figura 10: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH del PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

El **PV- 03** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplieron con la Norma.

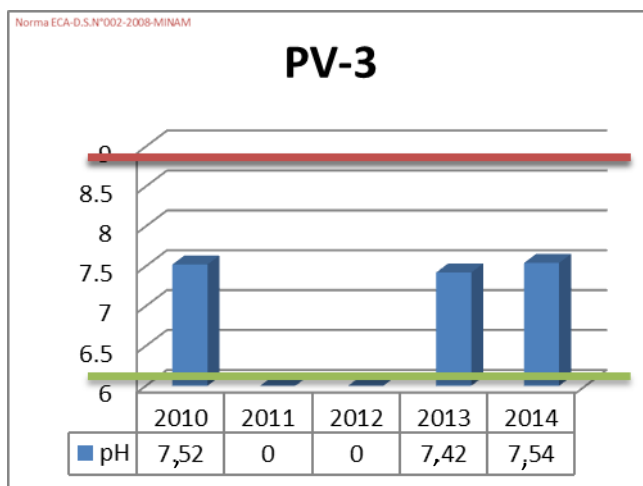


Figura 11: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

El **PV- 04** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

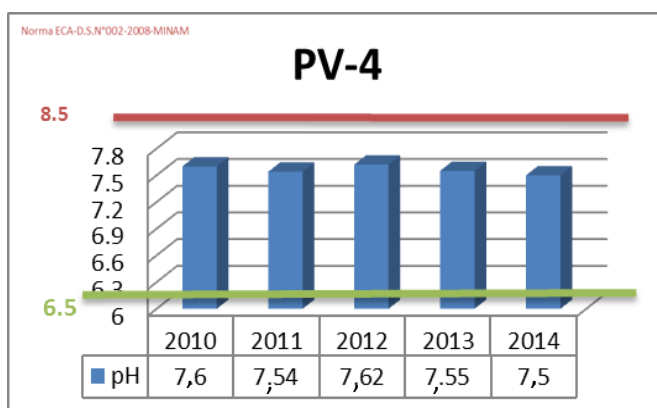


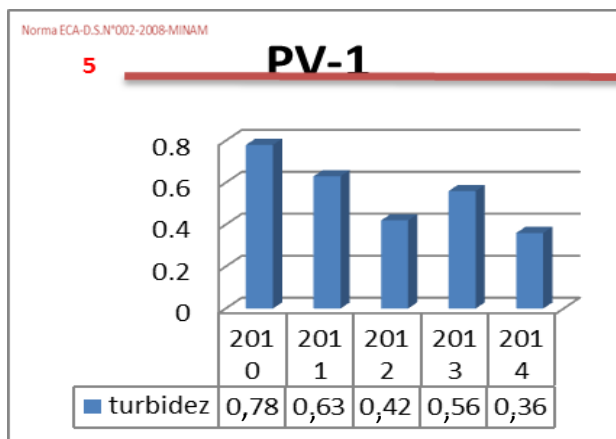
Figura 12: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de pH, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

## Turbidez

Se muestran los valores correspondientes a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados obtenidos desde el año 2010 al 2014.

Los análisis realizados a todas las muestras del **PV- 01** entre los cinco años establecidos, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014

El **PV- 02** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

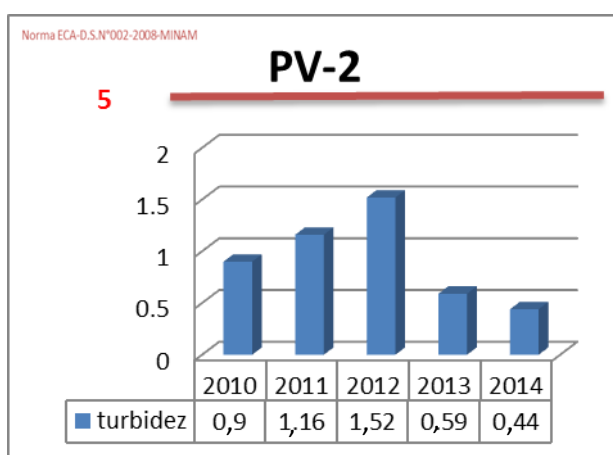


Figura 14: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014

Fuente: Elaboración propia

El **PV- 03** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

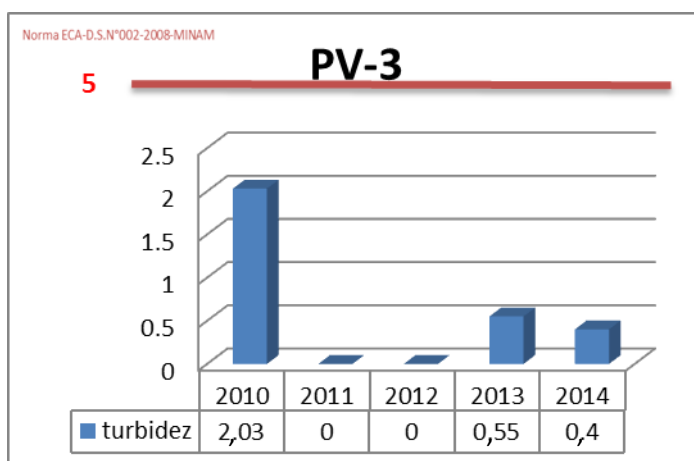


Figura 15: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

El **PV-04** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

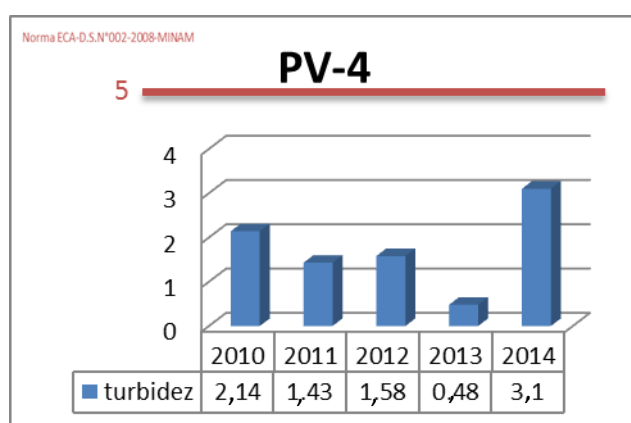


Figura 16: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de turbidez, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

### **Conductividad**

Se muestran los valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados desde el año 2010 al 2014.

El **PV- 01** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

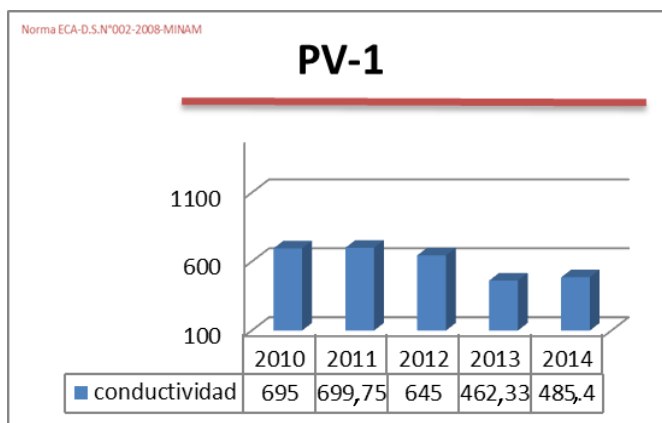


Figura 17: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014

*Fuente: Elaboración propia*

En el año 2012, el **PV- 2** dio como resultado 1566 us/cm, lo que excede a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM.

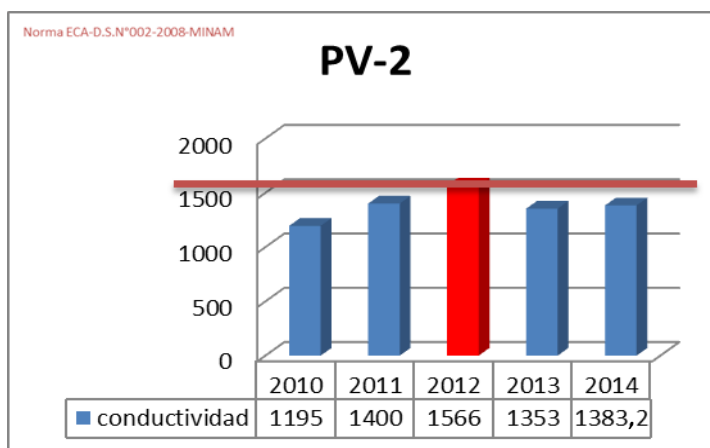


Figura 18: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad en el PV-2 durante el año 2010 al 2014

*Fuente: Elaboración propia*

El **PV- 03** en los cinco años, se obtuvo como resultado que todas cumplen con la Norma.

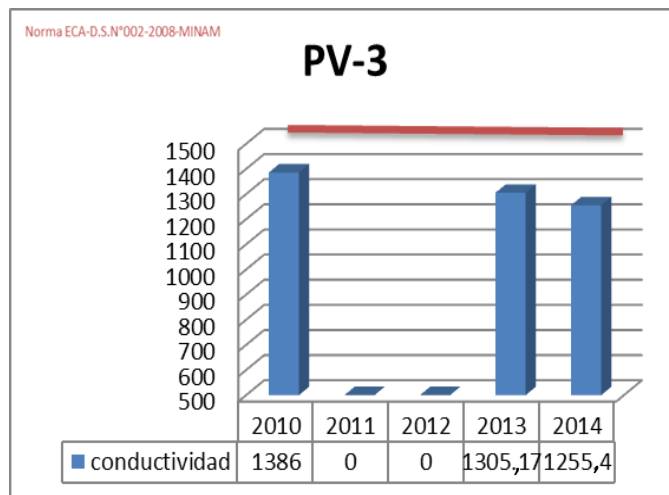


Figura 19: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores conductividad en el PV-3, durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Las muestras del **PV- 04** entre los cinco años establecidos, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

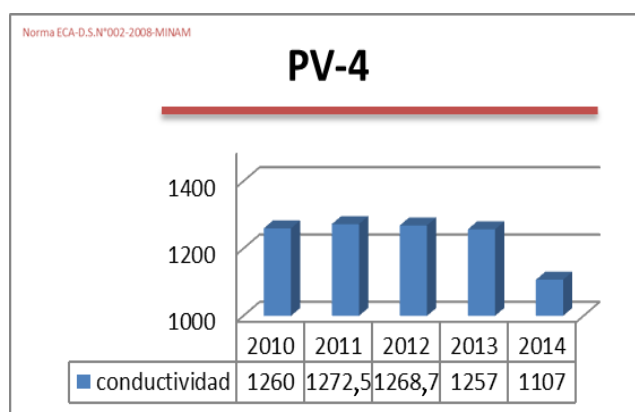


Figura 20: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de conductividad en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

## Nitratos

Se muestran los valores correspondientes a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados desde el año 2010 al 2014. Se observó que ninguno de los pozos sobrepasó la Norma.

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 01**, se evidenció que todos cumplen con la Norma

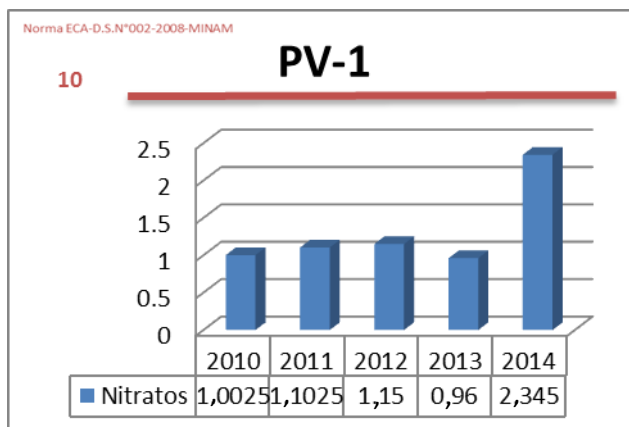


Figura 21: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 02**, se evidenció que todos cumplen con la Norma.

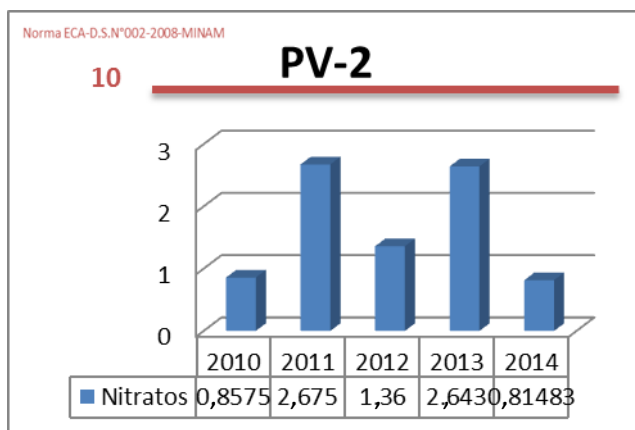


Figura 22: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 03**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

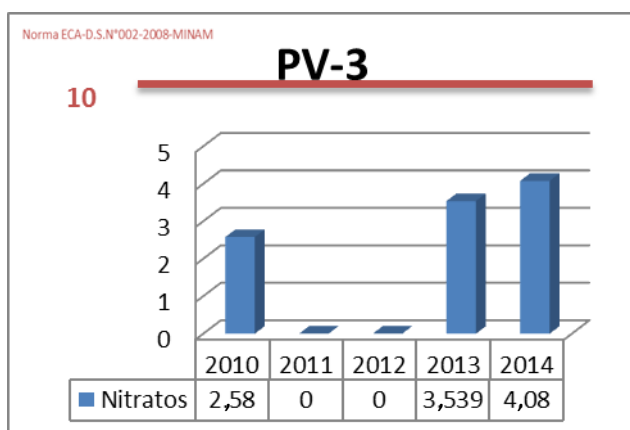


Figura 23: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **pozo 04**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

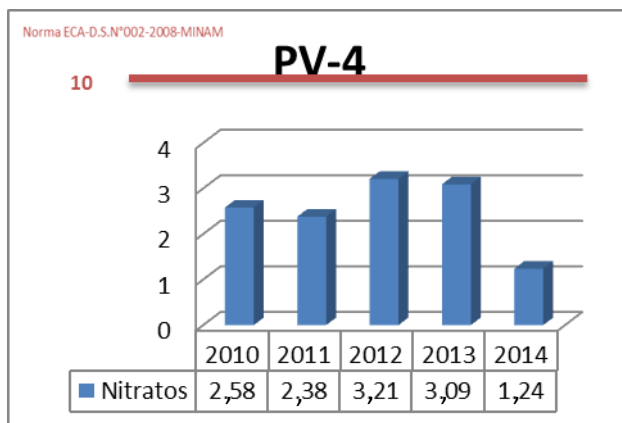


Figura 24: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de nitratos, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

## Boro

Se muestran los valores correspondientes a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados desde el año 2010 al 2014.

Se observó en el que en el año 2010 se mandó analizar una muestra para determinar la cantidad de Boro a un laboratorio acreditado, así fue que en el **PV-4** dio como resultado 0,7 mg/l B, pero en el año 2013 los análisis de Boro eran ya obligatorios para todas las instituciones que realizan monitoreo en el control de calidad del agua.

Se determinó que en el **PV- 1** del año 2013 con respecto al Boro, dio como resultado de 0,59505 mg/l B, por lo tanto, excede a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 0,5 mg/l B.

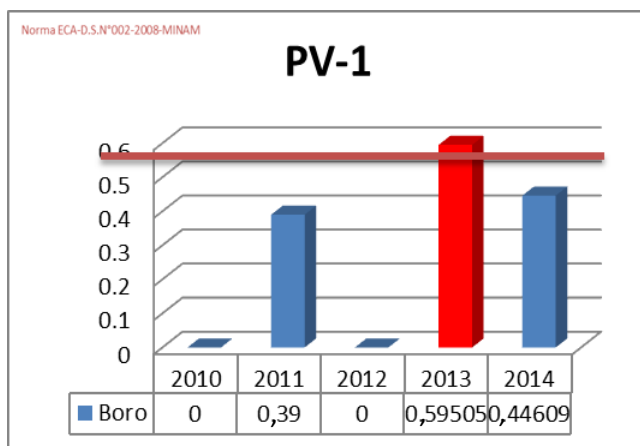


Figura 25: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que en el **PV- 2** del año 2013, con respecto al Boro, dio como resultado de 0,96059 mg/l B, del año 2014 presentó como resultado 0.81483 mg/l B, por lo tanto, exceden a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 0,5 mg/l B.

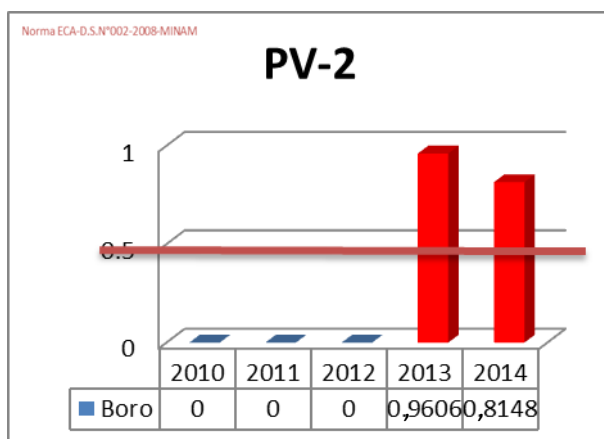


Figura 26: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores promedio de Boro, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que en el **PV- 3** del año 2013, el Boro dio como resultado de 1,0886mg/l B, del año 2014 dio como resultado de 1,08153 mg/l B, por lo tanto, exceden a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 0,5 mg/l B.

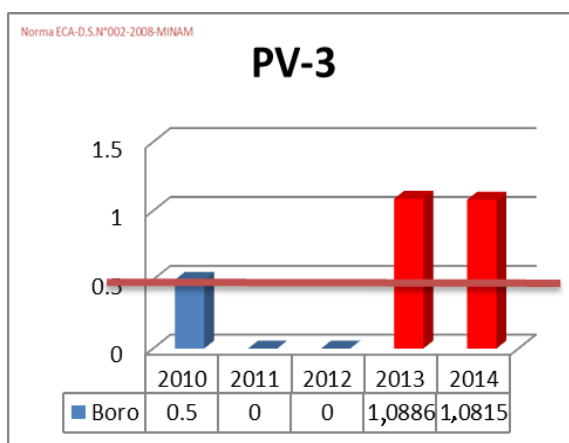


Figura 27: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que el **PV- 4** del año 2010, el Boro dio como resultado de 0,7 mg/l B, del año 2013 fue de 1,15 mg/l B, y del año 2014 fue de 1,96 mg/l B, por lo tanto, no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 0,5 mg/l B.

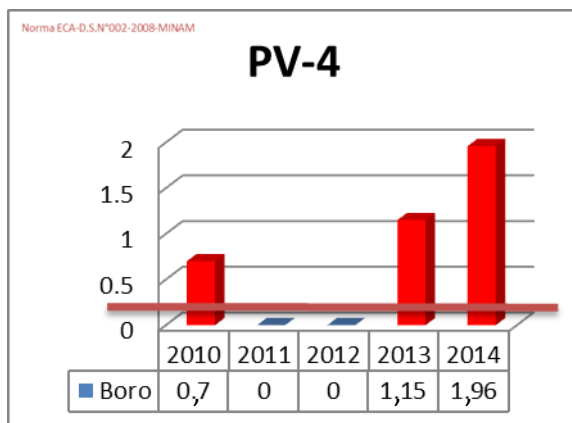


Figura 28: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Boro, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

### Sulfatos

Se muestran los valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados obtenidos desde el año 2010 al 2014.

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 01**, se evidenció que todos cumplen con la Norma.

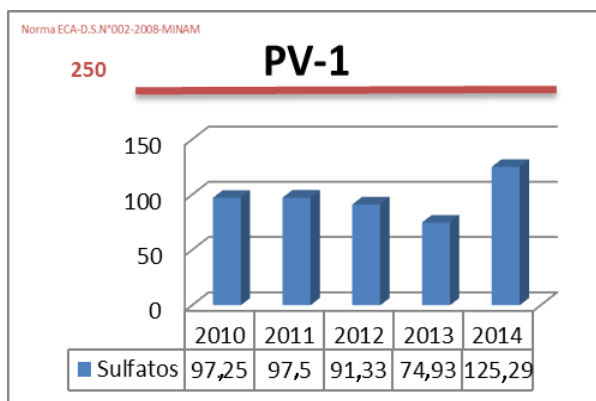


Figura 29: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que en el **PV- 2** del año 2010 los Sulfatos dieron como resultado 308,75 mg/l SO<sub>4</sub>=, en el año 2011 dio como resultado anual de 396 mg/l SO<sub>4</sub>=, en el año 2012 presentó 414,5 mg/l SO<sub>4</sub>=, en el año 2013 dio como resultado 399,5 mg/l SO<sub>4</sub>=, y por último, el año 2014 presentó como resultado 279,129 mg/l SO<sub>4</sub>=. Por lo tanto, no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 250 mg/l SO<sub>4</sub>=

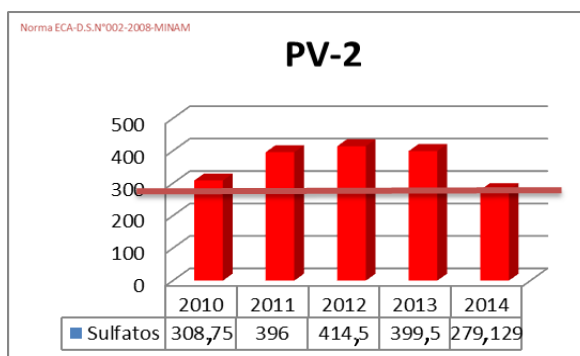


Figura 30: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de sulfatos, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que en el **PV- 3** del año 2010, los Sulfatos dieron resultados de 384 mg/l SO<sub>4</sub>=, el año 2013 fue de 358,2 mg/l SO<sub>4</sub>=, y el año 2014 dio como resultado anual 300,4 mg/l SO<sub>4</sub>=. Por lo tanto no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 250 mg/l SO<sub>4</sub>=

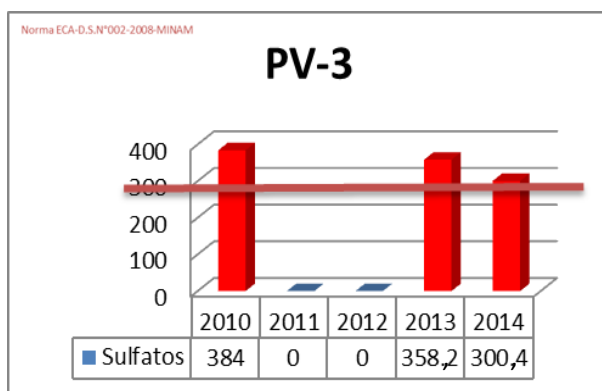


Figura 31: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

**Fuente:** Elaboración propia

Se evidenció que en el **PV- 4** del año 2010, en donde los Sulfatos se encuentran con 335 mg/l SO<sub>4</sub>=, el año 2011 con 345 mg/l SO<sub>4</sub>=, el año 2012 con 342,25 mg/l SO<sub>4</sub>=, el año 2013 con 357,5 mg/l SO<sub>4</sub>=, y por último, el año 2014 con 271,5 mg/l SO<sub>4</sub>=. Por lo tanto no cumplen con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 250 mg/l SO<sub>4</sub>=

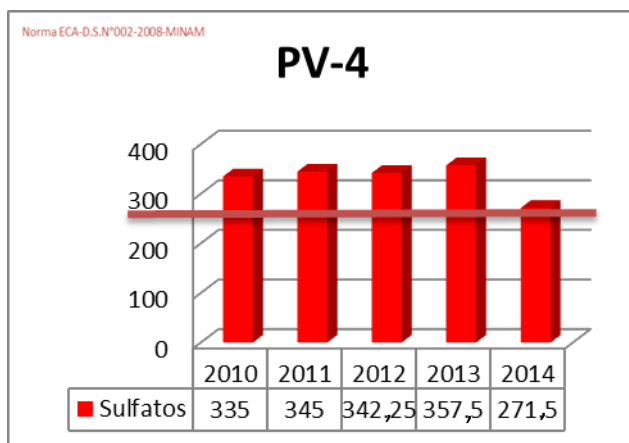


Figura 32: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Sulfatos, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014

*Fuente: Elaboración propia*

### Aluminio

Se muestran los valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados obtenidos desde el año 2010 al 2014.

Se observó que a lo largo de los cuatro años no hubo una significativa elevación de los niveles de Aluminio de mg/l Al, cumpliendo así con las Normas establecidas de acuerdo al D.S N° 002-2008-MINAM.

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 01**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

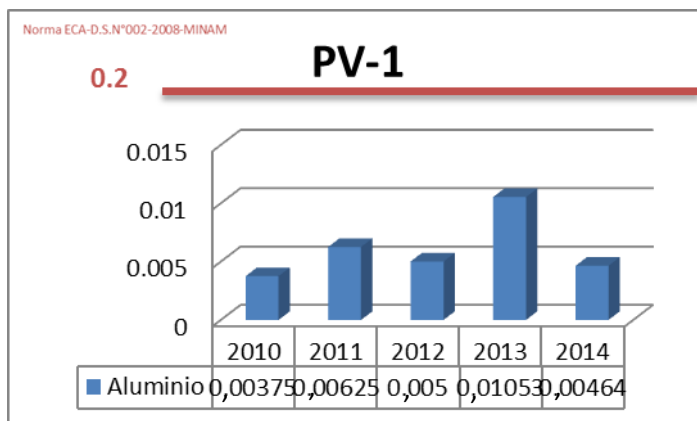


Figura 33: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

En los análisis obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 02**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

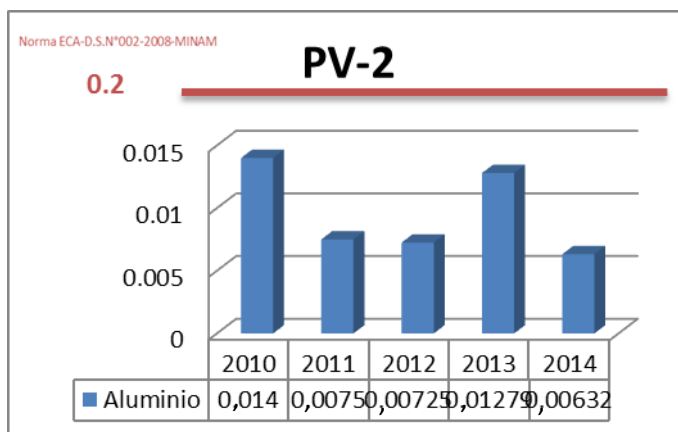


Figura 34: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los análisis obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 03**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

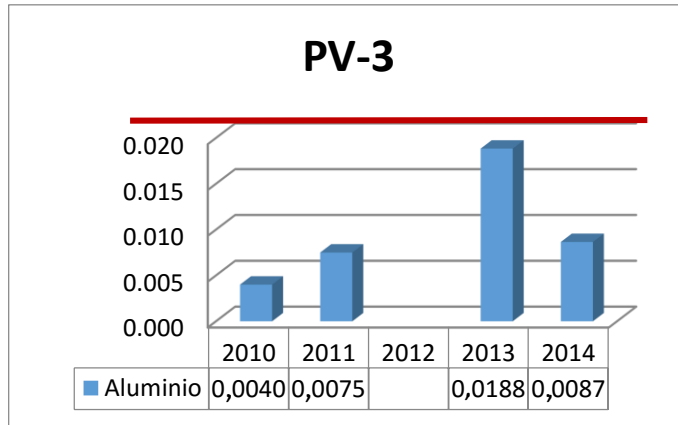


Figura 35: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

Los análisis obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 04**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

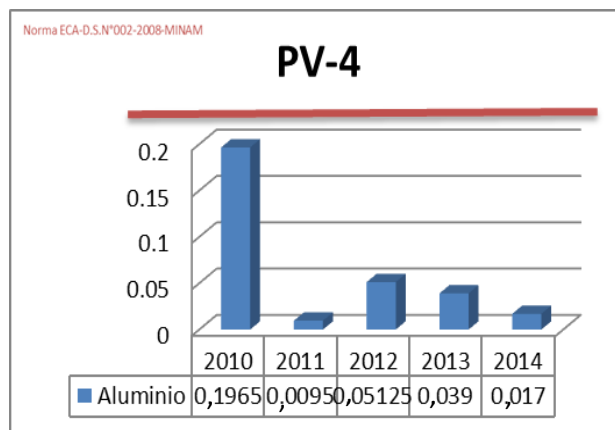


Figura 36: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de aluminio, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

## Cloruros

Se muestran los valores correspondientes a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados desde el año 2010 al 2014.

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 01**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

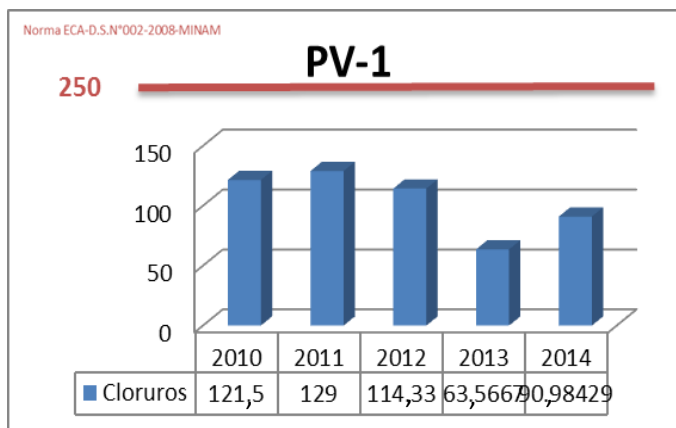


Figura 37: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 02**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

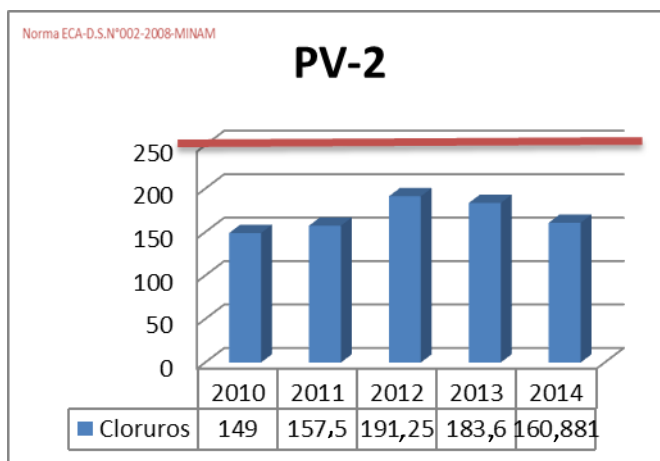


Figura 38: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 03**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

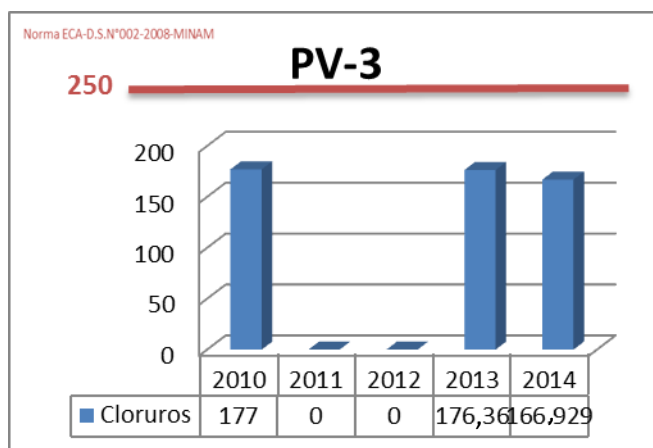


Figura 39: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 04**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

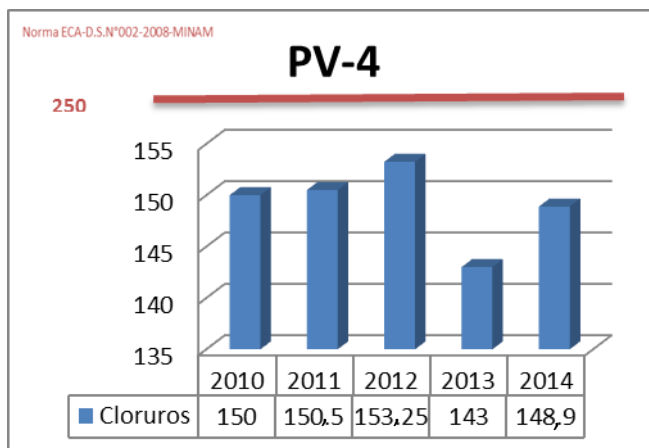


Figura 40: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Cloruros, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

*Fuente: Elaboración propia*

### Dureza total

Se muestran los valores correspondientes a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM, también se muestran datos elaborados por cada año con los diferentes resultados desde el año 2010 al 2014.

Los resultados obtenidos entre el año 2010 al 2014 del **PV- 01**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

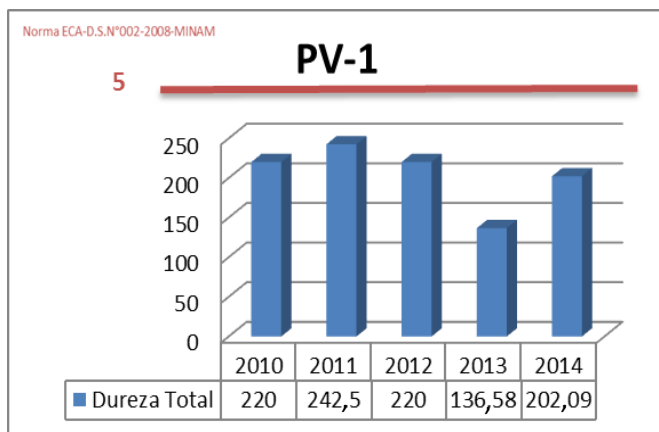


Figura 41: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-1 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que en el promedio anual del año 2012 la Dureza Total está en 592,5mg/l CaCO<sub>3</sub>, en el año 2013 dio como resultado 526,83 mg/l CaCO<sub>3</sub>, lo que exceden a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 500 mg/l CaCO<sub>3</sub>

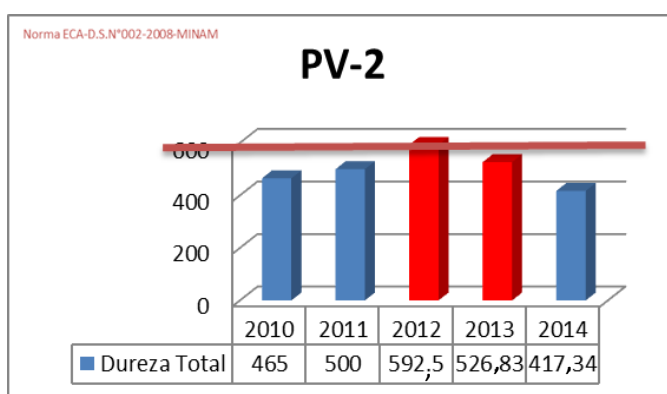


Figura 42: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-2 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Se evidenció que en el **PV- 3** del año 2013 la Dureza Total estaba en 506,02mg/l CaCO<sub>3</sub>, lo cual no cumple con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S N° 002-2008-MINAM que dan un valor establecido de 500 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

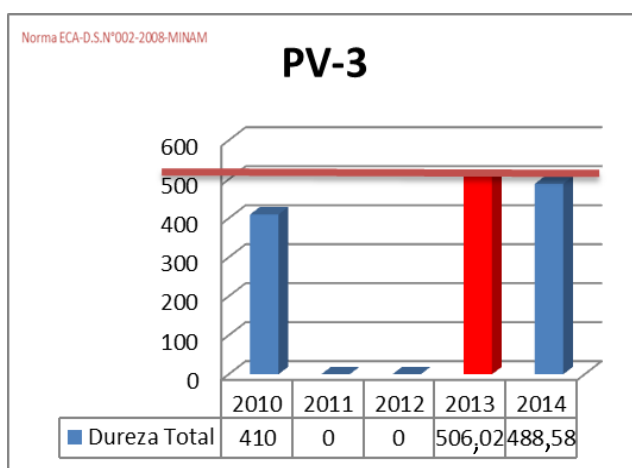


Figura 43: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-3 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la recopilación entre el año 2010 al 2014 del **PV- 04**, se evidenció que todos de la misma forma cumplen con la Norma.

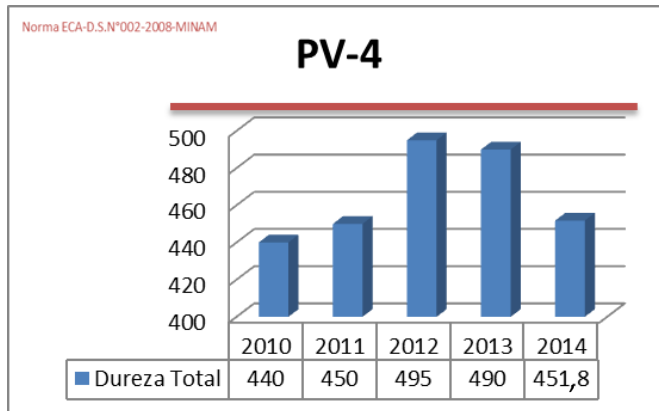


Figura 44: Comparación entre valores que indican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N°002-2008-MINAM., y los valores de Dureza Total, en el PV-4 durante el año 2010 al 2014.

Fuente: Elaboración propia

## 5. DISCUCIONES

En estos últimos años el agua para Tacna se ha convertido en uno de los problemas más frecuentes para la población. Uno de los objetivos del presente estudio fue evaluar la calidad de agua de los Pozos Subterráneos, se consideró la Norma de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental D.S N° 002-2008-MINAM para agua en los análisis fisicoquímicos y en caso de los análisis microbiológicos se consideró el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A. Se obtuvo resultados anuales de cada parámetro (microbiológico - fisicoquímico) para lograr observar el comportamiento de cada uno de los diferentes pozos.

En el Cuadro 07 las bacterias Heterotróficas del **PV-1** se obtuvieron resultados elevados. El Cuadro 08 obtuvo valores elevados del **PV-2** y caso contrario sucede en los **PV-3** y **PV-4** donde se mantuvieron dentro del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N°031-2010-S.A. En los análisis microbiológicos de Coliformes totales y Coliformes Termotolerantes del monitoreo del año 2014 no se logró encontrar ninguna muestra positiva, como se presumió al comienzo del presente trabajo, en este caso se consideró como pozos de buena calidad.

En los análisis fisicoquímicos se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: pH, Turbidez, Conductividad, Dureza, Sulfatos, Aluminio,

Nitratos, Boro y Cloruros que fueron los más relevantes para los análisis del presente trabajo. Se tuvo en consideración los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM.

En la Figura 09 para pH no existen valores de referencia basados en efectos sobre la salud. Los resultados obtenidos fueron aptos.

Se presentaron los resultados de turbidez en donde los valores que se obtuvo son menores a 5 UNT, en la conductividad eléctrica los resultados del **PV-2** sobrepasaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM. Los análisis de Nitrato se encontraron dentro de los límites de la Norma (10 mg/l de N),

En el caso del Boro se obtuvieron resultados elevados para los cuatro pozos. Se fue evaluando el comportamiento del Boro, se comenzó por el **PV-1** del año 2013 con 0,59 mg/l de B (Figura 25), en el caso del **PV-2** los resultados del año 2013 y 2014 fueron de 0,96 y 0,81 mg/l de B (Figura 26), se analizó el **PV-3** del año 2013 y 2014 el resultado fue de 1,08 mg/l de B para los dos años (Figura 27) y por último, el comportamiento del **PV-4**, del año 2010 fue de 0,7 mg/l de B, en el año 2013 fue de 1,15 mg/l de B y año 2014 fue de 1,96 mg/l de B (Figura 28). Los análisis de Boro se encontraron elevados según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM, La presencia de sulfato en el **PV-1** mostró un rendimiento normal, el **PV-2** del año 2010 al 2014 fueron resultados elevados (Figura 30). El **PV-3** en

los años 2010, 2013 y 2014 con 384; 358.2 y 300.4 mg/l SO<sub>4</sub>= (Figura 31). Por último, el **PV-4** con resultados que también sobrepasan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua D.S. N° 002-2008-MINAM (Figura 32).

Los análisis de aluminio, donde se observó que los resultados en los cuatro pozos no sobrepasan el valor de 0,2 mg/L

Los cloruros se midieron para determinar la cantidad de sales presentes en donde los resultados obtenidos no se encontraron fuera de Norma. Se muestran los valores de dureza total de los 4 pozos analizados durante el año 2010 hasta el 2014, en el **PV-2** presentó niveles altos del año 2012 con 592,5 mg/l CaCO<sub>3</sub> y el año 2013 el **PV-2** presentó un valor de 526,83 mg/l CaCO<sub>3</sub> y el **PV-3** con 506,02 mg/l CaCO<sub>3</sub>.

## 6. CONCLUSIONES

- Se evaluó la calidad microbiológica y fisicoquímica en agua de pozos subterráneos ubicados del Centro Poblado Viñani del Distrito Gregorio Albarracín de Tacna. Se evidenció que el 20,83 % sobrepasan los rangos normales aptos para la calidad microbiológica según D.S N° 031-2010- S.A y el 70 % del total de muestras de los pozos para calidad fisicoquímica sobrepasan los rangos normales de acuerdo al D.S. N° 002-2008-MINAM.
- Se 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

## 7. RECOMENDACIONES

- Se debe tener en cuenta que, por la ubicación de los pozos referente a las aguas residuales en el sector Arunta, se tome en consideración derivarlas hacia la zona de Magollo en donde se tiene una planta de tratamiento de aguas residuales.
- Tomar en consideración los valores obtenidos de las bacterias heterotróficas ya que es un indicador de tratamiento y desinfección del agua, y debe ser considerado para evaluar la limpieza e integridad de los sistemas de distribución, así como la presencia de biopelículas.
- Es importante que la municipalidad o el gobierno regional consideren un posible proyecto de una nueva planta de tratamiento en la zona para prevenir alguna contaminación en el sistema de monitoreo posterior.
- Se recomienda continuar con los estudios profundizando la evaluación en forma integral para todos los pozos de Tacna.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **A.G. Hornsby**, Universidad de Florida, 2012). “Historia sobre el agua subterránea sus inicios”.
2. **ANA**. Autoridad Nacional del Agua; “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial”, Ministerio de Agricultura; 2011.
3. **APHA, WEF, AWWA**. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 th edition. American Public Health Association”. Washington DC (2005).
4. **CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA,**” Manual de Suministro de Agua Comunitaria”, quinta edición, 2002.
5. **CAMACHO ROSALES**, Juan: *Estadística con SPSS para Windows*. RA-MA, 2000.
6. **CEPIS/OPS (2000a)**. Proyecto de capacitación para los laboratorios de El Salvador, Nicaragua y Honduras. Programa de Mejoramiento de la Capacidad de los Laboratorios de Control y Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Lima, CEPIS/OPS-USAID-EPA.

7. **COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA**, Guías para la calidad del agua potable Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1, Recomendaciones. (2006).
8. **CONTRERAS, G.J; COHA, J.M.; MARTÍNEZ, A.M y AURAZO, M.** Efecto Bactericida de Catabolitos de Pseudomonasaeruginosa sobre Coliformes fecales en Agua de Consumo. Lima. IV Congreso Latinoamericano de Higiene y Microbiología de Alimentos.(2006)
9. **CUNNINGHAM AND SAIGO.** “Enviromental Science. McGraw- Hill, 6th edition.” New York (2001).
10. **D.S N ° 002-2008-MINAM.** Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA).
11. **DS N° 031- 2010-SA. 2011.** Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud. Perú.
12. **GOYA, 2007.** “Mantenimiento de pozos subterráneos”
13. **HACH. 2000.** Manual de análisis de agua. Tercera HachCompany. Loveland, Colorado, EE.UU.

- 14. IGME**, Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España.Ed. IGME.Madrid. (2012)
- 15. ITGE**, La contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. Ed.ITGE. Madrid. (1999).
- 16. LÓPEZ VERA, F.**Contaminación de aguas subterráneas. Ed. MOPT. Madrid. (1991).
- 17. LEY INTERNACIONAL EPA, 2010.** “Guía para la Protección de las Aguas Subterráneas”
- 18. MERCK MICROBIOLOGY MANUAL. 2007.** 12th edition.
- 19. MILLAR, G.T.** “Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Ibero América”, México DF. (1994).
- 20. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES**, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo, Volumen IV, Madrid 199.
- 21. MORENO-MERINO, L. Y MARTÍNEZ, C.** Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas. Ed. ITGE. Madrid. (1991).

- 22. NORMA TÉCNICA PERUANA 2014,032-2001.** Agua para Consumo Humano. Detección y recuento de Coliformes Termotolerantes
- 23. ONGLEY, E.D,** “Lucha contra la contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos” (1997).
- 24. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2008.** Guías para la Calidad del Agua Potable. Primer apéndice a la tercera edición, volumen 1. Ediciones de la OMS. Génève - Suiza.
- 25. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, OPS/CEPIS,** “Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida” Lima – Perú, (2004).
- 26. PONTIFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2012** “Estudio Analítico de Nitratos en Aguas Subterráneas en el Distrito San Pedro de Lloc”
- 27. RAUL CAMPILLO, 2005.** “ Control de la calidad del Agua Subterránea”
- 28. RAMOS C.** “El efecto de las prácticas agrarias en la contaminación de las aguas por nitrato”. Edafología.no 4.Madrid. Pp 73 – 85.
- 29. REILLY, K. & KIPPIN, J.** Relación entre el contaje bacteriológico y otros parámetros de calidad del agua tratada en sistemas de distribución. Hojas de divulgación técnica. CEPIS, 4p. (2000)

**30. SANTANA, M.** “El nuevo día Conexión con Reservas”. (2006).

**31. W. VELASQUEZ,** “Análisis de la información de la calidad del Agua”  
Raymundo Carranza Noriega, Medio Ambiente Problemas & Soluciones,  
1 edición 2001.

**32. ZARAGOZA.**Calidad de agua en la Agricultura, Rev. 29, FAON. F. GRAY  
“Calidad del Agua Potable”, editorial Acribia, S.A – (España)

#### **PAGINAS WEB**

**33.** <http://repositorio.unan.edu.ni/1029/1/58359.pdf>

**34.** [http://www.exeedu.com/publishing.cl/av\\_cienc\\_ing/](http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/)

**35.** <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/i117-04Norma.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO 01

### NORMAS NACIONALES ECAS

377222

 **NORMAS LEGALES**

El Peruano  
Lima, jueves 31 de julio de 2008

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON  
Jefe (e)  
Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

#### AMBIENTE

### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO  
N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° 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; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013;

En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

**Artículo 2°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

#### DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
Ministro del Ambiente

**El Peruano**  
DIARIO OFICIAL

#### REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe)

LA DIRECCIÓN

# NORMAS NACIONALES ECAS

El Peruano  
Lima, jueves 31 de julio de 2008

 **NORMAS LEGALES**

377223

## ANEXO I

### ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA

#### CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O.	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitritos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitros	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Clor		Acceptable	**	**	Acceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>20</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hydrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano -- 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano -- 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano -- 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno -- 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno -- 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano -- 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono -- 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano -- 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BETX</b>						

Descargado desde www.elperuano.com.pe

**ANEXO 02**

Reglamento de la calidad del agua para el consumo humano D.S N° 031-2010-S.A. Dirección general de salud ambiental ministerio de salud lima – Perú 2011

MINISTERIO DE SALUD

No. 031-2010-SA



# Decreto Supremo

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

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

**CONSIDERANDO:**

Que, el numeral 22 del artículo 2º concordante con el artículo 7º 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 107º 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;



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 C.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
Presidente Constitucional de la República

OSCAR UGARTE UBILLUZ  
Ministro de Salud

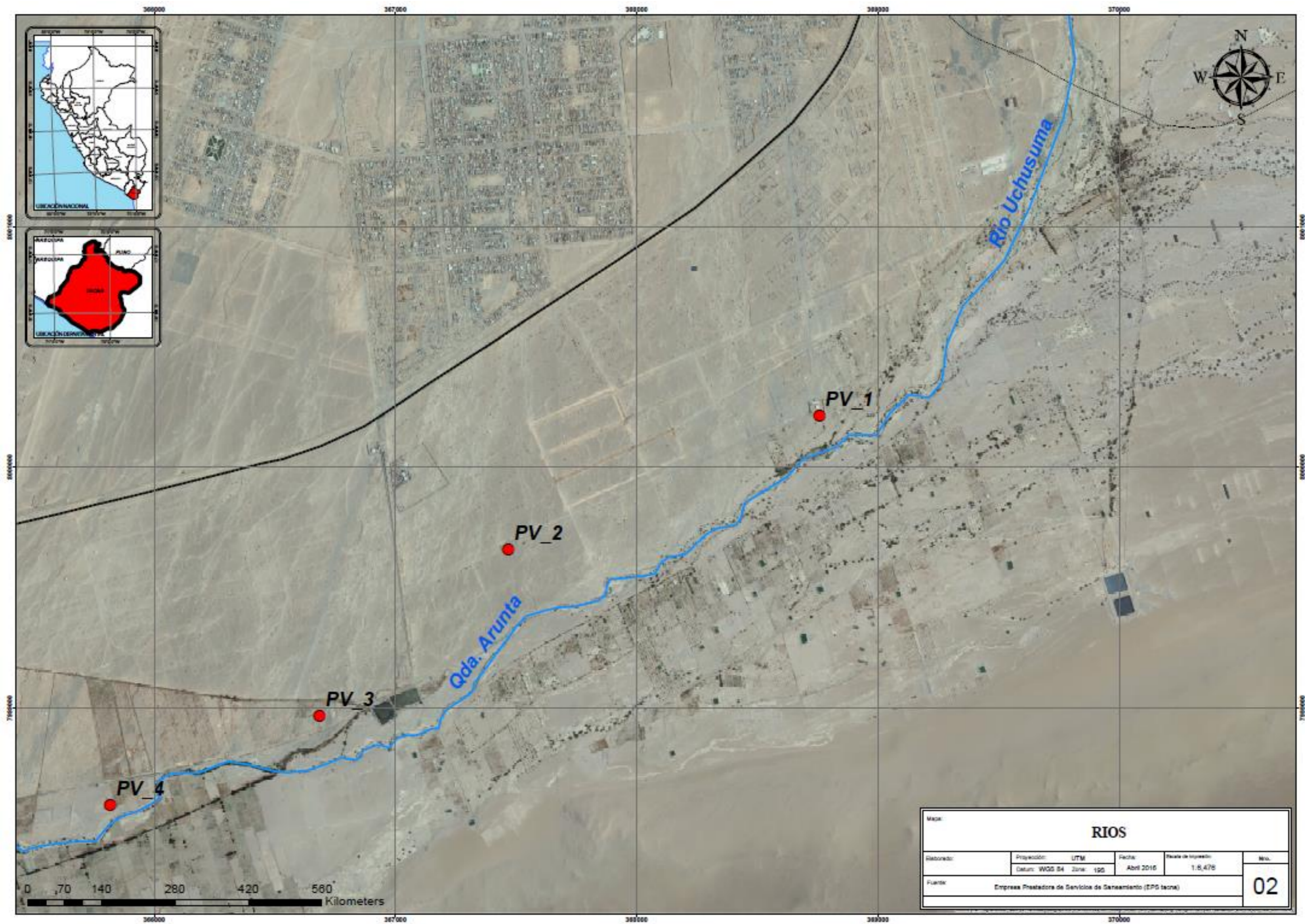


JUAN SARMIENTO SOTO  
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento



### ANEXO 03

Ubicación de los Pozos de Viñani




## ANEXO 04

### Determinación del Aluminio por el Método Cianina Ericromo R.

<b>Aluminio</b>	
Método 8326	Método Cianina Ericromo R <sup>1</sup>
Sobres de reactivo en polvo	(0.002–0.250 mg/L Al <sup>3+</sup> )
Campo de aplicación: Para agua <sup>1</sup> Adaptación de <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> .	


<p>Programas almacenados</p>	<p>9 Aluminio ECR</p> <p>Inicio</p>		
<p>1. Seleccionar en la pantalla el símbolo: <b>Programas almacenados</b></p>	<p>2. Seleccionar el test.</p>	<p>3. Llenar un tubo mezclador graduado de 25-mL hasta la marca de 20-mL con muestra. Añadir el contenido de un sobre ECR en polvo para muestras de 20-mL.</p>	<p>4. Poner el tapón al tubo. Invertir varias veces para disolver el polvo</p> <p>El reactivo no disuelto podrá dar lugar a resultados equívocos.</p>



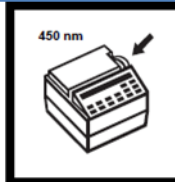

<p>OK</p> <p>00:30</p>			
<p>5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar <b>OK</b>. Comienza un periodo de reacción de 30 segundos.</p>	<p>6. Después de que suene el temporizador, añadir el contenido de un sobre de reactivo Hexametileno tetramina en polvo.</p>	<p>7. Poner el tapón al tubo. Invertir varias veces para disolver el polvo.</p> <p>En presencia de aluminio aparecerá un color naranja-rojo.</p>	<p>8. <b>Preparación del blanco:</b> añadir una gota de reactivo enmascarador ECR en una cubeta cuadrada de una pulgada limpia de 10-mL para la muestra.</p>
		<p>OK</p> <p>05:00</p>	
<p>9. Verter 10 mL en la cubeta que contiene el blanco.</p> <p>Agitar, con rotación, para mezclar.</p> <p>La solución tomará un color amarillo.</p>	<p>10. <b>La muestra preparada:</b> verter un volumen adicional de la mezcla hasta la marca de 10-mL en otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL.</p>	<p>11. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar <b>OK</b>. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.</p>	<p>12. Menos de 5 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p>


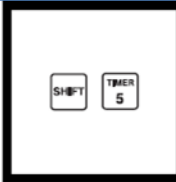

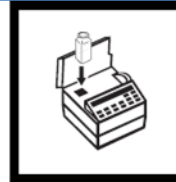
<p style="text-align: center;"><b>Cero</b></p>		<p style="text-align: center;"><b>Medición</b></p>
<p>13. Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b> La pantalla indicará: <b>0.004 mg/L Al<sup>3+</sup></b> Este test utiliza un punto de intercepción no nulo para la curva de calibrado.</p>	<p>14. Inmediatamente limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada). Colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p>	<p>15. Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b> El resultado aparecerá en <b>mg/L Al<sup>3+</sup></b> <i>Véase el manual de instrucciones para obtener información detallada sobre el instrumento.</i></p>




## ANEXO 05

### Determinación de Sulfatos por el Método Turbidimétrico

	<b>PROCEDIMIENTO CON DR/2010</b>	<b>SULFATO</b>
<b>Método 8051</b> <b>Para aguas, aguas residuales y agua de mar</b>		<b>Método SulfaVer 4*</b> <b>(0 a 70 mg/l)</b>
Aceptado por la USEPA (Agencia para la protección del ambiente de EE.UU.) para realizar informes sobre el análisis de aguas residuales**		
<small>* Adaptado de <i>Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater</i> (Métodos estándar para el análisis de aguas y aguas residuales).          ** El procedimiento equivale al método 375.4 de la USEPA para aguas residuales.</small>		

 <p style="text-align: center;">Elija el programa de exactitud deseada</p>			
<p>1. Para obtener resultados más exactos es necesaria una calibración ingresada por el usuario. Ver la sección <i>Calibración por el usuario</i>, página 206 en el final de este procedimiento. El programa 680 puede utilizarse directamente para aplicaciones o control del proceso donde no se requiere un alto grado de exactitud.</p> <p><i>Nota: La naturaleza de las pruebas turbidimétricas y la variación del lote de reactivo requieren calibración por parte del usuario para obtener mejores resultados.</i></p>	<p>2. Ingresar el número de programa almacenado adecuado para las bolsas de polvo de sulfato (<math>\text{SO}_4^{2-}</math>).</p> <p>Presionar: 6 8 0 ENTER ó 9 ? ? ENTER</p> <p>En la pantalla se leerá: <b>Fijar nun par 450</b></p> <p><i>Nota: Las celdas de flujo no pueden utilizarse con este procedimiento.</i></p>	<p>3. Girar el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: <b>450 nm</b></p> <p>Cuando ajuste la longitud de onda correcta en la pantalla aparecerá rápidamente: Muestra cero luego: <b>mg/L <math>\text{SO}_4^{2-}</math></b></p> <p><i>Nota: Para una mayor exactitud, el usuario debe realizar una calibración para cada nuevo lote de bolsas de polvo de reactivo de sulfato SulfaVer 4; ver Calibración por el usuario a continuación de estas instrucciones.</i></p>	<p>4. Llenar una celda de muestra limpia con 25 ml de muestra.</p> <p><i>Nota: Filtrar las muestras muy turbias o coloreadas. Utilizar una muestra filtrada en este paso y el Paso 7.</i></p>

			
<p>5. Agregar los contenidos de una bolsa de polvo de reactivo de sulfato SulfaVer 4 en la celda de muestra (la muestra preparada). Girar para disolver.</p> <p><i>Nota: Se desarrollará una turbidez blanca en presencia de sulfato.</i></p> <p><i>Nota: La exactitud no se verá afectada por el polvo sin disolver.</i></p>	<p>6. Presionar: SHIFT TIMER</p> <p>Se iniciará un periodo de reacción de 5 minutos.</p> <p><i>Nota: No perturbar la celda.</i></p>	<p>7. Cuando suene el cronómetro, en la pantalla se podrá leer: <b>mg/L <math>\text{SO}_4^{2-}</math></b></p> <p>Llenar una segunda celda de muestra con 25 ml de muestra (el blanco).</p>	<p>8. Colocar el blanco en el soporte de la celda. Cerrar el escudo para la luz.</p>

		
<p><b>9. Presionar: ZERO</b> En la pantalla se podrá leer: <b>Puesta a cero...</b> luego: <b>0 mg/L SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b></p>	<p><b>10. Dentro de los cinco minutos posteriores al timbre del cronómetro, colocar la muestra preparada en el soporte de la celda. Cerrar el escudo para la luz.</b></p>	<p><b>11. Presionar: READ</b> En la pantalla se leerá: <b>Leyendo...</b> Luego aparecerán los resultados en mg/l SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. <i>Nota: Limpiar las celdas de muestra con jabón y un cepillo.</i></p>

## ANEXO 06

### Determinación de Nitratos por el Método Reducción de Cadmio

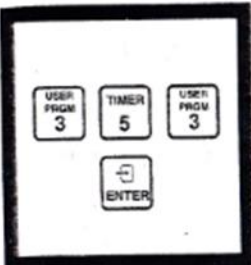



**Method 8171**

**NITRATE, MR (0 to 4.5 mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)** For water, wastewater, and seawater\*

---

**Cadmium Reduction Method (Using Powder Pillows or AccuVac Ampuls)**

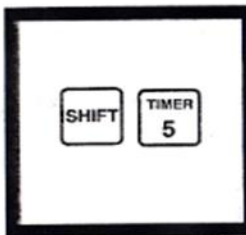
#### Using Powder Pillows

			
<p>1. Enter the stored program number for medium range nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N). Press: <b>3 5 3 ENTER</b> The display will show: <b>Dial nm to 400</b></p> <p><i>Note: The Pour-Thru Cell can be used if rinsed well with deionized water after use.</i></p>	<p>2. Rotate the wavelength dial until the small display shows: <b>400 nm</b></p> <p>When the correct wavelength is dialed in, the display will quickly show: <b>Zero Sample</b> then: <b>mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N MR</b></p>	<p>3. Fill a sample cell with 25 mL of sample (the prepared sample).</p>	<p>4. Fill another cell with 25 mL of deionized water (the blank).</p>

## NITRATE, MR, continued



5. Add the contents of one NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder Pillow to each cell. Stopper.

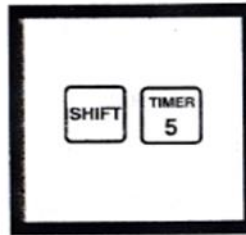


6. Press:

**SHIFT TIMER**

A one-minute reaction period will begin. Shake until the timer beeps.

*Note: Shaking time and technique influence color development. For most accurate results, do successive tests on a standard solution and adjust the shaking time to obtain the correct result.*



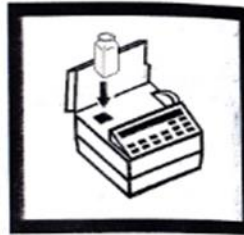
7. When the timer beeps, press:

**SHIFT TIMER**

A five-minute reaction period will begin.

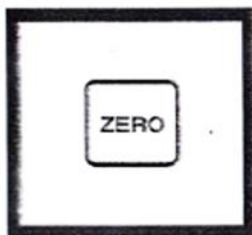
*Note: A cadmium deposit will remain after the NitraVer 5 Nitrate Reagent Powder dissolves and will not affect test results.*

*Note: An amber color will develop if nitrate nitrogen is present.*



8. When the timer beeps, the display will show: **mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N MR**

Remove the stopper. Place the blank into the cell holder. Close the light shield.



9. Press **ZERO**

The display will show:

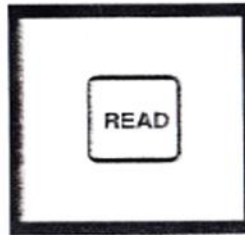
**Zeroing...**

then:

**0.0 mg/L N NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N MR**



10. Place the prepared sample into the cell holder. Close the light shield.



11. Press: **READ**

The display will show:

**Reading...**

then the result in mg/L nitrate expressed as nitrogen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) will be displayed.<sup>4</sup>

Forms  $\begin{matrix} \blacktriangleleft & \text{NO}_3^- \text{-N} \\ \blacktriangleright & \text{NO}_3^- \end{matrix}$

# PANEL FOTOGRAFICO

**TOMA DE MUESTRA EN EL PV-1**



**TOMA DE MUESTRA EN EL PV-2**



**TOMA DE MUESTRA EN EL PV-3**



**TOMA DE MUESTRA EN EL PV-4**



**CONDICIONES DEL POZO 4**



**TUBERIA QUE CONECTA CON EL POZO 4**



**UBICACIÓN DEL RIO FORMADO POR AGUAS RESIDUALES EN EL CERRO ARUNTA**



**ANALISIS BACTERIOLOGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**



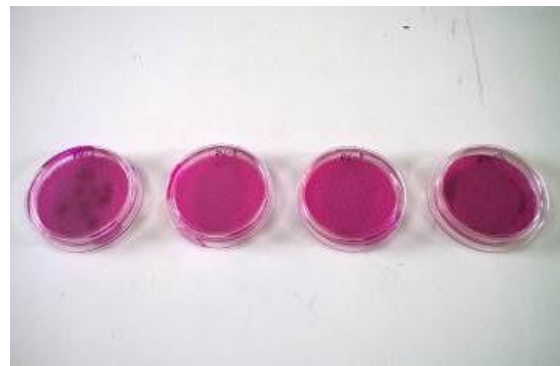
**ANALISIS BACTERIOLOGICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA**



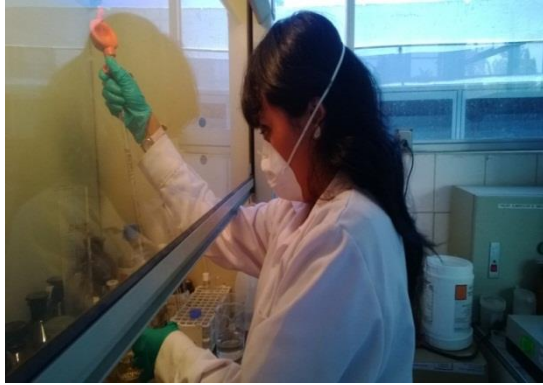
**ANALISIS DE BACTERIAS HETEROTROFICAS Y COLIFORMES POR EL METODO DE FILTRACION**



**RESULTADOS DESPUES DE 24 Hrs.**



**ANALISIS FISICOQUIMICO DE LAS MUESTRAS DE AGUA SUBTERRANEA**



**DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS**



**ANALISIS DE BORO EN LA CAMARA EXTRACTORA**



**ANALISIS FISICOQUIMICOS**



**ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA DUREZA DEL AGUA SUBTERRANEA**



**ANALISIS FISICOQUIMICO DE DUREZA TOTAL**

