

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN : PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
LÍNEA : DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTAL

Tesis:

Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca

Presentado por:

Maestriza: Juan Carlos Flores Cerna

Asesor: M.Sc. I.Q. David Ricardo Uriol Valverde

Cajamarca - Perú

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN : PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
LÍNEA : DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis:

“Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca”

Presentado por:

Maestría: Juan Carlos Flores Cerna

Asesor: M.Sc. I.Q. David Ricardo Uriol Valverde

Cajamarca - Perú

2016

COPYRIGHT © 2015 by
JUAN CARLOS FLORES CERNA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCIÓN : PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO
LÍNEA : DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis:

“Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca”

Por: Juan Carlos Flores Cerna

Comité Científico:

Dr. Severino Torrel Pajares
Presidente del Comité

Dr. Nilton Deza Arroyo
Primer Miembro Titular

Dr. Valentín Paredes Oliva
Segundo Miembro Titular

Ms C. David Ricardo Uriol Valverde
Asesor

A:

Mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos están dirigidos primeramente a Dios, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar;

Al M.Sc. I.Q. David Ricardo Uriol Valverde, por asesorarme en el presente trabajo de investigación.

A la Dra. I.Q. Flor de María García Acosta, por facilitarme el laboratorio de Química Orgánica del Departamento Académico Profesional de Ciencias Químicas y Dinámicas en donde realicé los análisis fisicoquímicos,

Al M.Sc. M.V. Carlos Amorós Delgado, por apoyarme de manera desinteresada en los análisis microbiológicos.

Al M.Sc. Lic. Víctor Sánchez Cáceres, quien con su ayuda me brindó apoyo relevante en el tratamiento estadístico de datos.

A mi esposa Dorita Vargas e hija Heidi Noelia Flores que siempre me brindaron su apoyo, tanto en paciencia como sentimental.

Sin agua, nada somos. Hasta un emperador,
privado de agua, se vería pronto reducido a
polvo. El agua es el auténtico monarca y todos
somos sus esclavos - Salman Rushdie

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
LISTA ILUSTRACIONES	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiii
GLOSARIO	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1 Contextualización	1
1.1.2 Descripción del problema	3
1.1.3 Formulación del problema	3
1.2. Justificación e importancia	4
1.3. Delimitación de la investigación	6
1.4. Limitaciones	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo general	6
1.5.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial	8
2.2. Marco conceptual	16
2.2.1. Aguas subterráneas	16
2.2.2. Característica de las aguas subterráneas	16
2.2.3. Pozos y manantiales	18
2.2.4. Contaminación de aguas subterráneas	19
2.2.5. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica	20
2.2.6. Calidad de agua para consumo humano	22

2.2.7. Tratamiento de aguas	24
2.2.8. Análisis estadístico de datos	24
2.3. Definición de términos básicos	26
2.3.1. Turbiedad	26
2.3.2. pH	27
2.3.3. Conductividad	27
2.3.4. Oxígeno disuelto	27
2.3.5. Sólidos disueltos totales	27
2.3.6. Cloruros	28
2.3.7. Sulfatos	28
2.3.8. Dureza total	28
2.3.9. Alcalinidad	29
2.3.10. Nitratos	29
2.3.11. Nitritos	29
2.3.12. Fosfatos	30
2.3.13. Metales: arsénico, plomo, cromo, mercurio, hierro, zinc	30
2.3.14. Coliformes totales	31
2.3.15. Coliformes termotolerantes o fecales	32
CAPÍTULO III	33
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES	33
3.1. Hipótesis	33
3.1.1. Hipótesis general	33
3.2. Variables/categorías	33
CAPÍTULO IV	34
MARCO METODOLÓGICO	34
4.1. Ubicación geográfica	34
4.2. Diseño de la investigación	35
4.3. Métodos de investigación	36
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación	36
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	36
4.5.1. Determinación de turbiedad	36
4.5.2. Determinación de pH	37
4.5.3. Determinación de conductividad	38

4.5.4. Determinación de oxígeno disuelto	38
4.5.5. Determinación de sólidos disueltos totales	40
4.5.6. Determinación de cloruros	42
4.5.7. Determinación de sulfatos	43
4.5.8. Dureza total	45
4.5.9. Determinación de alcalinidad	47
4.5.10. Determinación de nitratos	48
4.5.11. Determinación de nitritos	49
4.5.12. Determinación de fosfatos	50
4.5.13. Determinación de coliformes totales y fecales	52
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	53
4.7. Equipos, materiales e insumos.	54
4.7.1. Material de campo	54
4.7.2. Material y equipos de laboratorio	54
4.7.3. Equipo de gabinete	54
CAPÍTULO V	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1. Presentación de resultados	55
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	60
5.3. Contrastación de hipótesis	96
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
APÉNDICES	105
A.1. Galería de fotos	105
A.2. Clasificación de la dureza según la organización mundial de la salud	107
A.3. Prueba de Friedman para los parámetros en estudio	107
A.4. Diagrama de Piper – Hill	121
ANEXOS	126

LISTA DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

CAPÍTULO II

- | | | |
|------|--------------|----|
| 2.1. | Manantial | 19 |
| 2.2. | Pozo de agua | 19 |

CAPÍTULO IV

- | | | |
|------|---------------------------|----|
| 4.1. | Ubicación de las muestras | 34 |
|------|---------------------------|----|

CAPÍTULO V

- | | | |
|-------|---|----|
| 5.1. | Temperatura del agua de la zona San Martín | 61 |
| 5.2. | Conductividad del agua de la zona San Martín | 62 |
| 5.3. | Sólidos disueltos totales del agua de la zona San Martín | 63 |
| 5.4. | Oxígeno disuelto del agua de la zona San Martín | 64 |
| 5.5. | pH del agua de la zona San Martín | 65 |
| 5.6. | Cloruros del agua de la zona San Martín | 66 |
| 5.7. | Sulfatos del agua de la zona San Martín | 67 |
| 5.8. | Dureza del agua de la zona San Martín | 68 |
| 5.9. | Nitratos del agua de la zona San Martín | 69 |
| 5.10. | Nitritos del agua de la zona San Martín | 70 |
| 5.11. | Fosfatos del agua de la zona San Martín | 72 |
| 5.12. | Hierro del agua de la zona San Martín | 73 |
| 5.13. | Cinc del agua de la zona San Martín | 74 |
| 5.14. | Coliformes totales de la zona San Martín | 75 |
| 5.15. | Temperatura del agua de la zona Ajoscancha Baja | 76 |
| 5.16. | Conductividad del agua de la zona Ajoscancha Baja | 77 |
| 5.17. | Sólidos disueltos totales del agua de la zona Ajoscancha Baja | 78 |
| 5.18. | Oxígeno disuelto del agua de la zona Ajoscancha Baja | 79 |
| 5.19. | pH del agua de la zona Ajoscancha Baja | 80 |
| 5.20. | Cloruros del agua de la zona Ajoscancha Baja | 81 |
| 5.21. | Sulfatos del agua de la zona Ajoscancha Baja | 82 |
| 5.22. | Dureza del agua de la zona Ajoscancha Baja | 93 |

5.23. Nitratos del agua de la zona Ajoscancha Baja	84
5.24. Nitritos del agua de la zona Ajoscancha Baja	85
5.25. Fosfatos del agua de la zona Ajoscancha Baja	86
5.26. Hierro del agua de la zona Ajoscancha Baja	87
5.27. Cinc del agua de la zona Ajoscancha Baja	88
5.28. Coliformes totales de la zona Ajoscancha Baja	89
5.29. Conductividad y sólidos disueltos totales después de la ebullición	90
5.30. pH y oxígeno disuelto después de la ebullición	91
5.31. Fosfatos y nitritos después de la ebullición	92
5.32. Hierro y Cinc después de la ebullición	93
5.33. Coliformes totales después de la ebullición	94
5.34. Cloruros, sulfatos y nitratos después de la ebullición	95
APÉNDICE	
A.1. Pozo zona San Martín	105
A.2. Pozo zona Ajoscancha Baja	105
A.3. Pozo Ajoscancha Baja con animales menores	105
A.4. Muestreando	106
A.5. En pleno análisis	106

LISTA DE TABLAS

CAPÍTULO II

2.1. Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en agua potable de Zimapán, Hidalgo, México. Periodo 03/99-03/00	11
2.2. Concentraciones promedio de elementos totales (mg/L) en agua potable de Zimapán, México en el periodo 03/99-03/00	12
2.3. Concentraciones promedio de elementos totales (µg/L) en aguas potables de Zimapán, Hidalgo, México. Periodo 03/99-03/00	12
2.4. Resultados: Parámetros físicos, muestra 1	14
2.5. Resultados: Análisis Químico, muestra 1	14
2.6. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 1	14
2.7. Resultados: Parámetros físicos, muestra 2	15
2.8. Resultados: Análisis Químico, muestra 2	15
2.9. Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 2	15
2.10. Estándares de calidad ambiental para el agua – Parámetros físicos y Químicos	20
2.11. Estándares de calidad ambiental para el agua - Parámetros inorgánicos	21
2.12. Estándares de calidad ambiental para el agua - Parámetros microbiológicos	21
2.13. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	22
2.14. Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos	23
2.15. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica	23

CAPÍTULO IV

4.1. Ubicaciones de muestras	34
4.2. Parámetros seleccionados	35

CAPÍTULO V

5.1. Resultados de los análisis físicos de la zona San Martín	55
5.2. Resultados de los análisis químicos de la zona San Martín	56
5.3. Resultados de los análisis bacteriológicos de la zona San Martín	57
5.4. Resultados de los análisis físicos de la zona Ajoscancha Baja	57
5.5. Resultados de los análisis químicos de la zona Ajoscancha Baja	57
5.6. Resultados de los análisis bacteriológicos de la zona Ajoscancha Baja	58
5.7. Tratamiento estadístico a los análisis físicos de la zona San Martín	96
5.8. Tratamiento estadístico a los análisis químicos de la zona San Martín	96
5.9. Tratamiento estadístico a los análisis bacteriológicos de la zona San Martín	97
5.10. Tratamiento estadístico a los análisis físicos de la zona Ajoscancha Baja	97

5.11. Tratamiento estadístico a los análisis químicos de la zona Ajoscancha Baja	97
5.12. Tratamiento estadístico a los análisis bacteriológicos de la zona Ajoscancha Baja	98

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Abs:	Absorbancia
ECA:	Estándar de calidad ambiental
EDTA:	Ácido etilendiaminotetraacético
Eq/L:	Equivalente por litro
MEH:	Materia extraíble con hexano
mg/L:	Miligramo por litro
MINAM:	Ministerio del Ambiente
MP:	Muestra de pozo
nm:	Nanómetro
NMP/100 mL:	Número más probable por 100 mililitros
OMS:	Organización Mundial de la Salud
Pt/Co:	Platino - cobalto
SAAM:	Sustancias activas al azul de metileno
UCV:	Unidad de color verdadero
UFC:	Unidades formadoras de colonias
µg/L:	Microgramo por litro
µmho:	Microohmio
UNT:	Unidad nefelométrica de turbiedad
WAD:	Disociable con ácido débil

GLOSARIO

Acuífero:	Un acuífero es aquel estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.
Aerobio:	Microorganismo que necesita del aire u oxígeno molecular para subsistir.
Alícuota:	La alícuota es una parte que se toma de un volumen (alícuota líquida) o de una masa (alícuota sólida) iniciales, para ser usada en una prueba de laboratorio.
Anaerobio:	Microorganismo que no necesita del aire u oxígeno molecular para subsistir.
Año hidrológico:	Se establece para intentar reflejar adecuadamente el comportamiento de las precipitaciones sobre una determinada cuenca hidrográfica.
Banquisa:	Capa de hielo flotante que se forma en las regiones oceánicas polares.
Solución buffer:	Es la mezcla en concentraciones relativamente elevadas de un ácido débil y su base conjugada, es decir, sales hidrolíticamente activas.
Calda:	Aguas termales o agua que brota de la tierra con una temperatura superior a la normal.
Electrolito:	Es cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico.
Litiasis Urinaria:	Litiasis urinaria es una masa sólida compuestas de pequeños cristales y localizada en el aparato urinario. Se pueden presentar uno o más cálculos al mismo tiempo alojados en el riñón o en el uréter. Son acumulaciones similares a piedras que se forman a partir de sales minerales.
Montmorillonita:	Mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las llamadas arcillas.
Quimismo:	Conjunto de transformaciones químicas que se producen en un fenómeno.
Zeolita:	Son minerales aluminosilicatos microporosos que destacan por su capacidad de hidratarse y deshidratarse reversiblemente.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito determinar las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas de las zonas aledañas de la Universidad Nacional de Cajamarca. De las dos zonas que se tomaron en cuenta para la toma de muestras, una corresponde al predio del señor Pedro Cerquín Mestanza, el cual está ubicado en la zona denominada Ajoscancha Baja, cuyas coordenadas UTM son 17M 766285,90 mE y la otra al predio del señor Segundo Aquino Quiroz, en el Barrio San Martín, cuyas coordenadas UTM son 17M 777618,78 mE. Los resultados obtenidos después de la evaluación fisicoquímica y bacteriológica, indicaron que en el caso de las muestras de aguas sin ebullición de la zona de Ajoscancha Baja, los coliformes totales en marzo, el hierro y los nitratos en diciembre y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs; mientras que en la zona San Martín sólo los nitratos en diciembre y los fosfatos en los meses de muestreo superaron los ECAs.; para el caso de las muestras de aguas con ebullición, tanto en la zona de Ajoscancha Baja y San Martín, los fosfatos en marzo y junio, los nitratos en los meses de muestreo y el hierro en diciembre superaron los ECAs. Asimismo según la OMS las aguas subterráneas de ambas zonas, con y sin ebullición, son aguas muy duras, esto hace que el consumo de dichas aguas constituya un factor de riesgo para los consumidores de estas aguas; y, según la evaluación, las aguas subterráneas de ambas zonas, se encuentran dentro de las subcategorías A2 y A3 de los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua.

Palabras clave: Agua subterránea, evaluación fisicoquímica y bacteriológica, ebullición

ABSTRACT

This research aims to determine the physico-chemical and bacteriological underwater in surrounding areas of the National University of Cajamarca features. Of the two areas that were considered for sampling, one corresponds to the estate of Mr. Pedro Cerquin Mestanza, which is located in the area called Ajoscancha Baja, whose coordinates are UTM 17M 766,285.90 mE and the other to the property Second Aquino Mr. Quiroz, Barrio San Martin, whose coordinates are UTM 17M mE 777,618.78. The results obtained after the physical, chemical and bacteriological evaluation of the samples indicated that in the case of water samples without boiling, the following parameters passed quality standards: Ajoscancha near Baja, total coliforms in the month of March, iron and nitrates in December and phosphates in every month; in the area of San Martin, nitrates and phosphates in December in every month; in the case of samples with boiling water, both in the area of Ajoscancha Baja and San Martin, the following parameters passed quality standards, phosphates in March and June, every month nitrates and iron in the month from December; in the same way all the samples from both areas without boiling are very hard according to WHO classification. It is concluded that there is a risk factor for consumers in these waters to be very hard; and, according to the assessment of groundwater both areas fall within the A2 and A3 subcategories of national environmental quality standards for water.

Keywords: Groundwater, physico-chemical and bacteriological evaluation, boiling

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización

Todas las formas de vida en la tierra dependen del agua. Cada ser humano necesita consumir varios litros de agua fresca diariamente para vivir. Alrededor del 97 % del agua en el planeta es agua de mar y, por lo tanto, no es apta ni para el consumo humano ni para la mayoría de las prácticas agrícolas. Las tres cuartas partes de agua dulce están retenidas en los glaciares y en los casquetes de hielo. Los lagos, ríos y aguas subterráneas son una de las fuentes principales de agua de consumo, incluso aunque en conjunto constituyen menos del 0,01 %. (Baird, 2001).

El crecimiento poblacional de las grandes ciudades y la creciente escasez de agua para consumo humano, ha obligado a la población mundial a buscar otras fuentes de agua dulce, como por ejemplo las aguas subterráneas.

El agua subterránea tiene cuatro tipos de aniones y cuatro tipos de cationes que están en mayor proporción que los demás componentes que posee; estos aniones y cationes son: SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- y CO_3^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ , respectivamente. La composición química del agua subterránea natural se define a partir de los análisis de muestras recogidas

adecuadamente y se cuantifica por medio de la concentración de cada constituyente analizado. Aunque son más de sesenta los constituyentes y propiedades del agua subterránea natural que pueden encontrarse cuantificados en análisis químicos, por lo general y en estudios convencionales, sólo se determinan entre 10 y 20 parámetros fundamentales (Rigola, 1999).

La incorporación de los constituyentes al agua, en variedad y concentraciones diferentes, es posible debido a su elevado poder disolvente y a sus propiedades de combinación. Esta incorporación de sustancias al agua comienza incluso antes de que se incorpore al sistema de flujo subterráneo propio de cada acuífero. Gases, aerosoles, polvo y sales diversas, presentes en la atmósfera, reaccionan con el agua marcando el primer esbozo del quimismo del agua de infiltración.

Los factores que condicionan entonces la composición del agua subterránea natural son múltiples. Entre ellos cabe citar: naturaleza y disposición espacial de los materiales con los que el agua entra en contacto, superficie y duración del contacto, temperatura, presión, existencia de gases, grado de saturación del agua en relación con las distintas sustancias incorporables, etc. (Rigola, 1999).

Debido a lo antes mencionado pueden haber factores de riesgo como por ejemplo, si la concentración de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} es alta, entonces el agua es dura, y si se utiliza para consumo humano ésta puede producir

cálculos en los riñones, litiasis urinaria, (Medina-Escobedo, 2002); aparte, se consumiría más energía para hacerla hervir por la capa de incrustaciones que se formaría en el recipiente donde se hierve. Otro factor de riesgo es que las aguas subterráneas contengan posiblemente compuestos derivados de pesticidas usados por los agricultores y filtrados en épocas de lluvias, que puede producir cáncer (Baird, 2001).

1.1.2. Descripción del problema

En algunas zonas de la ciudad de Cajamarca se practica esta extracción de agua subterránea para atender las demandas del consumo humano. Una gran parte de ciudadanos que utiliza esta agua desconoce si es apta o no para el consumo humano. La mayoría de usuarios de esta agua tiene por costumbre hacerla hervir por aproximadamente cinco minutos para luego consumirla, algunos, apenas hacen que llegue al punto de ebullición y luego la consumen, finalmente, otros la consumen directamente del pozo. Cajamarca no es ajena a este problema de contaminación bacteriológica del agua subterránea por relleno sanitario, pozos sépticos o letrinas (Fernández, 2011).

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la concentración de los principales parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, producto de la evaluación de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

Cajamarca es una ciudad que tiene épocas de lluvias fuertes, en sus alrededores hay muchos usuarios que utilizan pozos sépticos y tiene un exbotadero de basura, el cual contribuye a la contaminación microbiológica de las aguas subterráneas alrededor de dicho botadero (Fernández, 2011). Otro factor a tener en cuenta es el incremento de la dureza de las aguas subterráneas debido a la naturaleza geológica del subsuelo cajamarquino.

En Cajamarca no se ha realizado un estudio fisicoquímico y bacteriológico sobre la calidad de sus aguas subterráneas y existen muchos depósitos de esta agua, que constituyen una fuente importante de agua para consumo humano, la evaluación cuantitativa de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos permitirá conocer el tipo de iones presentes en el agua subterránea en estudio, lo cual repercutirá en beneficio de la población; pues según últimos estudios, un agua muy dura puede contribuir a la enfermedad renal litiasis urinaria, por lo tanto puede constituir un factor de riesgo para los usuarios de dichas aguas.

En un estudio fisicoquímico previo realizado con varias muestras de agua incluida el agua subterránea en estudio, se observó que al agregar solución de hidróxido de sodio a todas las muestras, se formó un precipitado blanco sólo en la muestra de agua subterránea, lo que demuestra altas concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} , por lo tanto el agua en estudio tenía una dureza relativamente alta.

Debido a la experiencia explicada, es de suma importancia analizar este tipo de agua que hay en el subsuelo para determinar cuáles son las concentraciones de

iones, compuestos inorgánicos y microbiológicos presentes en estas aguas y si ésta agua subterránea es apta para consumo humano.

La ciudadanía tiene derecho a saber qué tipo de agua usa y bebe, en los alimentos que ingiere o en el aire que respira. El derecho a saber es una herramienta útil para todos, para la ciudadanía, para el sector industrial y para el gobierno.

El interés de este trabajo de investigación, es dar a conocer las características fisicoquímicas y bacteriológicas de las aguas subterráneas con y sin ebullición que es consumida por un sector de la población de la ciudad de Cajamarca que se abastece de agua subterránea e indicar a su vez si es apta para su consumo, por lo que se contribuye al cuidado de la salud de la población cajamarquina.

Al mismo tiempo, como trabajador de la Universidad Nacional de Cajamarca, ésta, estará cumpliendo con uno de sus fines: “Promover el desarrollo sustentable y el buen vivir mediante la generación de conocimientos y tecnologías que contribuyan a superar la pobreza y la desigualdad social” y como Principio de Desarrollo Sustentable y Defensa del Buen Vivir: “La Universidad se inserta en los procesos de desarrollo social, económico y tecnológico, procurando su sostenibilidad con equilibrio ambiental y cultural, y asegurando el bienestar y el derecho al progreso de las futuras generaciones”

1.3. Delimitaciones de la investigación

El área de estudio en este trabajo de investigación comprende un radio de 1,19 km; como se puede apreciar en el figura 4.1 El espacio temporal que se utilizó para esta investigación es de un año hidrológico. De todos los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que se debe tomar en cuenta para el estudio de un agua para consumo humano, sólo se escogieron dieciocho parámetros en el agua subterránea.

1.4. Limitaciones

Como en la Universidad Nacional de Cajamarca no se cuenta con los equipos de análisis instrumentales para determinar metales totales, estos se realizaron en un laboratorio particular, el resto de parámetros se realizaron en los laboratorios de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la concentración de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.5.2. Objetivos específicos

1.5.2.1. Determinar la turbiedad, pH, conductividad, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales en las aguas subterráneas con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca.

- 1.5.2.2.** Determinar la concentración de cloruros, sulfatos, dureza total, alcalinidad, nitratos, nitritos, fosfatos y los metales: arsénico, plomo, cromo, mercurio, hierro, zinc en las aguas subterráneas con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca.
- 1.5.2.3.** Determinar la concentración de coliformes totales y coliformes termotolerantes en las aguas subterráneas con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca.
- 1.5.2.4.** Clasificar las aguas subterráneas con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca de acuerdo a los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación o marco referencial

En Cajamarca no hay antecedentes de este tipo de investigación, pero si lo hay en otras partes del Perú y del mundo, a continuación se detalla algunos trabajos relacionados a aguas subterráneas:

2.1.1. Autoridad nacional del agua

Se estudian en esta investigación las características generales del área de estudio, características geológicas y geomorfológicas, inventario de fuentes de aguas subterráneas, el reservorio acuífero, hidráulica subterránea e hidrogeoquímica. De estos estudios, el punto que más ligado está al presente estudio es la hidrogeoquímica y concluye que en algunas zonas en estudio la potabilidad del agua es de mediocre a mala, un estudio es el siguiente:

Inventario de fuentes de agua subterránea en la cuenca del Río Coata

Realizado en el departamento de Puno, que en épocas pasadas tuvo grandes problemas por efectos de la sequía, donde la población específicamente rural, sufrió los estragos de la escasez del recurso hídrico. Asimismo se indicó que las pocas fuentes que existen no poseen condiciones adecuadas para el consumo humano que es el más requerido; ante este problema, se recalcó que las aguas subterráneas en este valle, cumplen un

rol muy importante, sobre todo en las zonas rurales, donde son utilizadas principalmente para el uso doméstico y pecuario en ese orden; de ahí la importancia que se dio a conocer el estado de los recursos hídricos almacenados en el acuífero.

La red hidrogeoquímica (calidad del agua subterránea) de la cuenca, está conformada por 248 pozos, distribuidos 85 en el distrito de Lampa, 99 en Cabanilla, 22 en Juliaca, 30 en Cabana y 12 en el distrito de Caracoto.

La conductividad eléctrica en el área en estudio varía de 0,01 a 3,26 mmhos/cm, valores que corresponden a aguas de baja a alta mineralización.

El pH en el área de estudio fluctúa entre 5,61 y 10,59; valores que representan aguas altamente ácidas a altamente alcalinas.

Con respecto al ion cloruro, fluctúa entre 3,55 y 181,05 mg/L, valores que se encuentran dentro de los límites máximos tolerables.

Con respecto al ion magnesio, fluctúa entre 1,20 y 90,00 mg/L, valores que se encuentran por debajo del límite máximo tolerable; en consecuencia no existe peligro en relación a la concentración de este elemento.

Con respecto al ion sulfato fluctúa mayormente entre 48,96 y 88,80 mg/L valores que se encuentran dentro de los límites máximos tolerables.

En relación a los sólidos totales disueltos, los análisis de las muestras de agua realizadas ha determinado que la mayoría de sectores que conforman los distritos de Lampa, Cabanilla, Juliaca, Cabana y Caracoto, presentan valores entre 21,00 mg/L y 952 mg/L, valores que representan a aguas de aceptable calidad.

Los resultados de los análisis bacteriológicos determinaron que en ciertos sectores de los distritos, los coliformes totales y fecales presentan valores dentro de los límites permisibles y en consecuencia se califican como aguas potables. Por otro lado, muestras analizadas presentan valores de coliformes totales que sobrepasan los límites permisibles (04 – 1100 NMP/mL) y en relación a los coliformes fecales se observan 22 muestras que presentan valores que sobrepasan los límites máximos permisibles (4 – 460 NMP/mL), por lo que se califican como aguas no potables. (ANA, 2014).

2.1.2. Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo, México

Para este estudio se seleccionaron 11 puntos de muestreo en los que se determinaron 28 parámetros fisicoquímicos de las aguas colectadas durante 10 muestreos distribuidos a lo largo de un año (marzo de 1999 - marzo de 2000). De forma general, estas aguas presentaron propiedades fisicoquímicas normales clasificadas como aguas bicarbonatadas-cálcicas y bicarbonatadas-mixtas con bajos niveles de sulfatos, cloruros, sodio y potasio; pero presentaron concentraciones de arsénico muy elevadas de hasta 550 µg/L, superando en más de 10 veces la norma NOM-127-SSA1-1994 para aguas potables (Secretaría de Salud Ambiental, 1996).

En el estudio de variación temporal se observaron cambios significativos de carácter estacional con incremento en las concentraciones de los elementos totales durante los meses de febrero y marzo (temporada de escasas lluvias) y una disminución de los mismos durante el período abril

a julio (temporadas de lluvias), esto último probablemente debido a efectos de la dilución causada por la precipitación pluvial que se infiltraba al manto freático, además, se habían correlacionado los pozos de suministro y los puntos de muestreo del distribuidor general mediante un análisis multivariado de las propiedades fisicoquímicas (Perez Moreno, 2003). A continuación se muestran los resultados en las siguientes tablas:

Tabla 2.1: Valores promedio de parámetros fisicoquímicos en agua potable de Zimapán, Hidalgo, México. Periodo 03/99-03/00

Parámetros Fisicoquímicos	Norma Mexicana	Pozo II	Pozo III	Pozo IV	Pozo V	Pozo VI	DLAE1	DLAE2	DLAE3	DLA	DLB	SalDLA
Temperatura (°C)		22,3	21,2	23,4	25,6	21,6	22,1	22,8	24,1	23	22,1	22,8
pH	6,5 - 8,5	7,2	7	8	7,3	7,6	7,1	7,2	7,5	7,7	7,6	7,5
O ₂ disuelto (mg/L)	>= 5	5,5	5,1	4,6	5,7	6,3	6,8	6,1	6,9	5,8	5,9	6,2
Conductividad (ms/cm)		449	639	485	497	383	646	498	445	530	515	517
Turbidez (UTN)	5	0,24	0,72	0,35	0,47	0,68	0,27	0,39	0,34	23,5	0,97	0,72
SDT (mg/L)	1000	220	314	238	244	188	317	245	219	260	253	254
Dureza total (mg/L)		312,7	324,3	150,8	348,6	267,3	333,4	335,5	303,6	394	341	331,1
Sólidos totales (mg/L)		247,6	397,2	285,2	307,3	261,9	402,7	319	270,7	354	314	321,4
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	10	0,27	1,28	0,13	0,04	3,17	1,37	0,04	0,1	0,53	0,34	0,33
N-NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,05	0,001	0,002	0,001	0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0	0	0,001

Distribuidor lado A (DLA); entradas al distribuidor por el lado A (DLAE1, DLAE2 y DLAE3); Distribuidor lado B (DLB) y salida del distribuidor por lado A (SalDLA).

Tabla 2.2: Concentraciones promedio de elementos totales (mg/L) en agua potable de Zimapán, México en el periodo 03/99-03/00

Sitios de muestreo	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Norma Mexicana			200			400	250
Pozo II	29,32	8,41	11,41	2,16	301,43	45,11	4,45
Pozo III	30,97	4,62	5,9	4,22	301,43	25,85	5,94
Pozo IV	15,61	6,02	10	1,21	232,01	54,84	4,23
Pozo V	28,32	6,81	5,7	2,24	323,39	48,48	1,11
Pozo VI	13,69	7,23	8,13	1,87	248,59	42,01	3,67
DLAE1	26,62	6,92	9,42	2,75	422,6	27,4	6,8
DLAE2	25,51	6,71	5,8	2,22	248,59	49,9	1,06
DLA	26,8	7,34	5,53	1,85	278,24	44,37	4,1
DLB	25,7	6,8	4,98	1,7	248,59	46,48	3,83
SalDLA	26,71	7,12	5,33	1,7	273,44	44,62	4,38
DLAE3	29,01	8,44	10,62	2,16	300	19,03	4,96

Tabla 2.3: Concentraciones promedio de elementos totales (µg/L) en aguas potables de Zimapán, Hidalgo, México. Periodo 03/99-03/00

Sitios de muestreo	Hg	Cr	Pb	As	Zn	Fe
Norma Mexicana	1	50	25	50	5000	300
Pozo II	< 0,5	10	30	70	41	120
Pozo III	< 0,5	0,1	4	40	17	60
Pozo IV	< 0,5	6	11	240	20	1200
Pozo V	< 0,5	< 0,1	12	480	8	260
Pozo VI	< 0,5	< 0,1	10	80	23	220
DLAE1	< 0,5	15	2	120	11	40
DLAE2	< 0,5	< 0,1	9	420	26	170
DLAE3	< 0,5	4	4	70	20	5
DLA	< 0,5	< 0,1	13	360	14	310
DLB	< 0,5	1	23	280	8	480
SalDLA	< 0,5	1	< 2	300	7	183

2.1.3. Análisis fisicoquímico y microbiológico en aguas subterráneas del corregimiento de San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia

El trabajo comprendió tres líneas de base donde se dan a conocer caracteres de la calidad del agua en Colombia y su relación con los efectos de contaminación, culminando en su primera línea de análisis con la especificación de la reglamentación del agua potable. La segunda línea de estudio hace especial referencia a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en los muestreos, puntualizando en los valores que originan problemáticas al consumidor, a manera de análisis, con el fin de sensibilizarlos en la ingesta del líquido. La tercera línea relaciona las enfermedades a producirse por parte de presencias inadecuadas de elementos, compuestos y microorganismos que varían la composición estable del agua. El objetivo general de este trabajo fue analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua suministrada en el sistema de abastecimiento de agua potable en el corregimiento de San Miguel del Tigre (Yondó, Antioquia). Como objetivos específicos se plantearon la comparación de los resultados obtenidos con las normas que rigen la potabilización de agua en Colombia, con el fin de determinar las posibles enfermedades hídricas originadas en la ingesta del recurso (Caicedo Barón, 2011). A continuación se muestran las tablas de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos:

Tabla 2.4: Resultados: Parámetros físicos, muestra 1

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115
Color (UPC)	11	15
Temperatura (°C)	19,5	*****
Turbiedad (NTU)	0,71	2

Tabla 2.5: Resultados: Análisis Químico, muestra 1

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	30,8	200
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	39,4	300
Calcio (mg Ca/L)	8,71	60
Fosfatos (mgPO ₄ ³⁻ /L)	0,54	0,5
Magnesio (mg Mg/L)	2,43	36
zinc (mg Zn/L)	0,15	3
Hierro Total (mg Fe/L)	0,13	0,3
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,89	250
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,001	0,1
Mercurio (mg Hg/L)	N.D.	N.D
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,84	10

Tabla 2.6: Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 1

Parámetro	Resultado del análisis	Límite permitido por la Resolución 2115
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	20	0
E. coli (UFC/100 mL)	1	0

Tabla 2.7: Resultados: Parámetros físicos, muestra 2

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución 2115
Color (UPC)	14	15
Temperatura (°C)	18,0	*****
Turbiedad (NTU)	0,69	2

Tabla 2.8: Resultados: Análisis Químico, muestra 2

Parámetro	Resultado de análisis	Límite permitido por la Resolución
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /L)	30,8	200
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	39,4	300
Calcio (mg Ca/L)	8,4	60
Fosfatos (mgPO ₄ ³⁻ /L)	0,63	0,5
Magnesio (mg Mg/L)	2,34	36
zinc (mg Zn/L)	0,04	3
Hierro Total (mg Fe/L)	0,24	0,3
Cloruros (mg Cl ⁻ /L)	8,89	250
Nitritos (mg NO ₂ ⁻ /L)	0,003	0,1
Aluminio Total (mg Al/L)	N.D.	0,2
Mercurio (mg Hg/L)	N.D.	N.D
Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	0,22	10

Tabla 2.9: Resultados: Análisis Microbiológico, muestra 2

Parámetro	Resultado del análisis	Límite permitido por la Resolución 2115
Coliformes Totales (UFC/100 mL)	4	0
E. coli (UFC/100 mL)	0	0

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Aguas subterráneas

Son las aguas que se encuentran en el subsuelo, antiguamente se creía que las aguas subterráneas procedían del mar y que habían perdido su salinidad al filtrarse entre las rocas. Hoy se sabe que es el agua procedente de las lluvias (AstroMia, 2014).

Las aguas subterráneas forman grandes depósitos que en muchos lugares constituyen la única fuente de agua potable disponible. El estrato o formación geológica en donde se encuentra el agua subterránea se denomina acuífero. A veces, cuando circulan bajo tierra, forman grandes sistemas de cuevas y galerías. En algunos lugares regresan a la superficie, brotando de la tierra en forma de fuentes o manantiales. Otras, hay que recogerlas a distintas profundidades excavando pozos (AstroMia, 2014).

2.2.2. Característica de las aguas subterráneas

La composición de un agua puede contemplarse desde diferentes puntos de vista: químico, bacteriológico, isotópico, etc. En lo que sigue se hará referencia exclusiva a la composición química entendiendo por tal, el conjunto de sustancias (generalmente inorgánicas) incorporadas al agua por procesos naturales. Las sustancias orgánicas disueltas en agua, aunque frecuentes, aparecen en concentraciones por lo común mucho menores que los constituyentes inorgánicos. Una vez, infiltrada con unas características químicas definidas, originadas en la atmósfera o en la superficie del terreno por evapotranspiración, el agua puede sufrir modificaciones drásticas en su

composición como consecuencia de un conjunto de interacciones físicas, químicas y biológicas complejas con el medio. Aunque la composición media del agua subterránea suele considerarse invariable en un acuífero o porción del mismo, no debe olvidarse que las interacciones agua-medio, que determinan dicha composición, son procesos dinámicos que se desarrollan, a ritmo diverso, tanto en el espacio, como en el tiempo. En consecuencia, la composición del agua subterránea natural debe contemplarse con la perspectiva de su posible variación espacio-temporal. Una composición química concreta por lo tanto no queda completamente definida si no se refiere a un lugar y momento determinados (Rigola, 1999).

▪ **Principales constituyentes químicos**

A pesar de la gran variabilidad de los elementos presentes en el agua subterránea y de la de sus concentraciones, éstos han sido clasificados, por su frecuencia de aparición y valor de concentración decrecientes, en:

- **Constituyentes mayoritarios o fundamentales**

Aniones: HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^-

Cationes: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ y NH_4^+

Otros: CO_2 , O_2 y SiO_2

- **Constituyentes minoritarios o secundarios**

Aniones: F^- , S^{2-} , SH^- , Br^- , I^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , BO_3^- .

Cationes: Mn^{2+} , Fe^{2+} , Li^+ , Sr^{2+} , Zn^{2+} .

Constituyentes traza: Al^{3+} , Ti^{4+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{2+} , etc.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en condiciones particulares un constituyente minoritario puede alcanzar rangos de concentración que permitan incluirlo dentro de los mayoritarios. En un agua natural dulce estos constituyentes aparecen por lo general en forma iónica (sales casi totalmente disociadas). Con menor frecuencia se presentan en forma molecular, parcialmente disociadas o como iones complejos de sustancias orgánicas o inorgánicas (Rigola, 1999).

2.2.3. Pozos y manantiales

Un manantial (figura 2.1), es un flujo natural de agua que surge del interior de la tierra desde un solo punto o por un área pequeña. Pueden aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes, y tener su origen en el agua de lluvia que se filtra o tener un origen ígneo, dando lugar a manantiales de agua caliente. La composición del agua de los manantiales varía según la naturaleza del suelo o la roca de su lecho. El caudal de los manantiales depende de la estación del año y del volumen de las precipitaciones. Los manantiales de filtración se secan a menudo en periodos secos o de escasas precipitaciones; sin embargo, otros tienen un caudal copioso y constante que proporciona un importante suministro de agua local. Los pozos artesianos (figura 2.2), donde el agua brota superficialmente como un surtidor, son el resultado de perforar un acuífero confinado cuyo nivel freático es superior al nivel del suelo. Cuando estas fuentes son termales (de agua caliente), se denominan caldas o termas. A las sales minerales que llevan disueltas las caldas se le reconocen propiedades

medicinales, motivo por el cual se han construido en esas zonas muchos balnearios. Esta práctica es antigua, y ya en tiempos de los romanos eran muy apreciados los baños públicos con aguas minerales. Actualmente se hacen estos pozos con fines de consumo humano y regadío de vegetales (Astromia, 2014).



Figura 2.1: Manantial



Figura 2.2: Pozo de agua

2.2.4. Contaminación de aguas subterráneas

El agua subterránea es una fuente vital de agua para el riego agrícola y en algunos casos para beber, sin embargo es una fuente fácil de agotarse porque se renueva muy lentamente y su uso es mayor a la renovación, se requiere muchos años para volver a utilizarla. Las fuentes principales de contaminación del agua subterránea son los escapes o fugas de sustancias químicas peligrosas desde tanques de almacenamiento subterráneo y la infiltración de sustancias químicas orgánicas peligrosas y compuestos tóxicos de metales pesados desde rellenos sanitarios, tiraderos de desechos abandonados, agroquímicos y pesticidas (Armas, 1996).

2.2.5. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica

Para evaluar un agua, se debe tener en cuenta que tipo de uso se da a dicha agua, para el presente estudio el agua es de consumo humano, por lo tanto, como es una fuente de agua no potable, se debe comparar con las categorías 1 – A de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, para ver qué tipo de tratamiento necesitaría, como se muestra en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3.

Tabla 2.10: Estándares de nacionales calidad ambiental para el agua - Parámetros físicos y químicos

PARÁMETRO	UNIDAD	Categoría 1: Poblacional y recreacional		
		Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
		A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
FÍSICOS Y QUÍMICOS				
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	0,50	1,70	1,70
Cianuro total	mg/L	0,07	0,20	0,20
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	µS/cm	1 500	1 600	**
D.B.O. ₅	mg/L	3	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30
Dureza	mg/L	500	**	**
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo total	mg P /L	0,1	0,15	0,15
Materiales flotantes de origen antropogénico.		Ausencia de material flotante de origen antropogénico	Ausencia de material flotante de origen antropogénico	Ausencia de material flotante de origen antropogénico
Nitratos	mg N/L	50	50	50
Nitritos	mg N/L	3	3	3
Nitrógeno amoniacal	mg N/L	1,5	1,5	**
Oxígeno disuelto	mg/L	> = 6	> = 5	> = 4
pH	Unidad pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 – 9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**

UNT: unidad nefelométrica de turbiedad

** Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la autoridad competente determine.

(a) 100 (Para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural)

(b) Después de la filtración simple.

Δ3: variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada

Fuente: Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM

Tabla 2.11: Estándares de calidad ambiental para el agua - Parámetros inorgánicos

		Categoría 1: Poblacional y recreacional		
		Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
PARÁMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**
Níquel	mg/L	0,07	**	**
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,04	0,04	0,05
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02
Zinc	mg/L	3	5	5

Fuente: Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM

Tabla 2.12: Estándares de calidad ambiental para el agua - Parámetros microbiológicos

		Categoría 1: Poblacional y recreacional		
		Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable		
PARÁMETRO	UNIDAD	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
		VALOR	VALOR	VALOR
MICROBIOLÓGICO				
Coliformes termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	20	2 000	20 000
Coliformes totales (35 – 37 °C)	NMP/100 mL	50	5 000	50 000
Microcistina LR	mg/L	0,001	0,001	**
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	**	**
Formas parasitarias	N° Organismo/Litro	0	**	**
Vibrio cholerae	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Organismos de vida libre (algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos,, en todos sus estados evolutivos) (d)	N° Organismo/Litro	0	< 5x10 ⁶	< 5x10 ⁶

(d) Aquellos organismos microscópicos que se presentan en forma unicelular, en colonias, en filamentos o pluricelulares.

Fuente: Decreto Supremo N° 015 – 2015 – MINAM

2.2.6. Calidad de agua para consumo humano

Un agua apta para consumo humano debe tener los siguientes parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos, como se muestran en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6.

Tabla 2.13: Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35 °C	0 (*)
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
Bacterias coliformes termotolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5 °C	0 (*)
Bacterias heterotróficas	UFC/mL a 35 °C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y coquistes de protozoarios patógenos	Nº organismos/Litro	0
Virus	UFC/mL	0
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estadios evolutivos	Nº organismos/Litro	0

UFC = unidad formadora de colonias

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

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, DS N° 031-2010-SA

Tabla 2.14: Límites máximos permisibles de parámetros químicos inorgánicos y orgánicos

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Antimonio	mg/L	0,020
Arsénico	mg/L	0,010
Bario	mg/L	0,700
Boro	mg/L	1,500
Cadmio	mg/L	0,003
Cianuro	mg/L	0,070
Cloro	mg/L	5
Clorito	mg/L	0,7
Clorato	mg/L	0,7
Cromo total	mg/L	0,050
Flúor	mg/L	1,000
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,020
Nitratos	mg/L	50,00
Nitritos	mg/L	3,00 exposición corta 0,20 exposición larga
Plomo	mg/L	0,010
Selenio	mg/L	0,010
Molibdeno	mg/L	0,07
Uranio	mg/L	0,015

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, DS N° 031-2010-SA

Tabla 2.15: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25 °C)	µmho/cm	1 500
Sólidos disueltos totales	mg/L	1 000
Cloruros	mg/L	250
Sulfatos	mg/L	250
Dureza total	mg/L	500
Amoniaco	mg/L	1,5
Hierro	mg/L	0,3
Manganeso	mg/L	0,4
Aluminio	mg/L	0,2
Cobre	mg/L	2,0
Zinc	mg/L	3,0
Sodio	mg/L	200

UCV = unidad de color verdadero

UNT = unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, DS N° 031-2010-SA

2.2.7. Tratamiento de aguas

En ingeniería sanitaria, ingeniería química e ingeniería ambiental el término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, fisicoquímico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales (llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras). La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones (Wikipedia, 2015).

2.2.8. Análisis estadístico de datos

Las investigaciones experimentales utilizan los cálculos estadísticos para afinar su criterio y evaluar la calidad de las mediciones experimentales (Skoog – West 2001).

En esta investigación se utilizó la prueba de Friedman, debido que son sólo cuatro muestreos durante un año hidrológico.

En estadística la prueba de Friedman es una prueba no paramétrica desarrollado por el economista Milton Friedman. Esta prueba puede utilizarse en aquellas situaciones en las que se seleccionan n grupos de k elementos de forma que los elementos de cada grupo sean lo más parecidos posible entre sí, el método consiste en ordenar los datos por filas o bloques, reemplazándolos por su respectivo orden.

Se utilizan las siguientes hipótesis:

H_i : Existen diferencias significativas entre los grupos.

H_o : No existen diferencias entre los grupos.

Para resolver el contraste de la hipótesis anterior, Friedman propuso un estadístico que se distribuye como una Chi-cuadrado con $K - 1$ grados de libertad, siendo K el número de variables relacionadas; se calcula mediante la siguiente expresión.

$$X^2_r = \frac{12}{H K (K + 1)} \sum R c^2 - 3H (K + 1)$$

En la expresión anterior:

X^2_r = estadístico calculado del análisis de varianza por rangos de Friedman.

H = representa el número de elementos o de bloques (número de hileras)

K = el número de variables relacionadas

$\sum R_c^2$ = es la suma de rangos por columnas al cuadrado.

Luego se compara el valor de X_r^2 de Friedman con tablas de valores críticos de Chi-cuadrada de Pearson.

Si el nivel de significación es menor a 0,05 (P – valor < 0,05), entonces se rechaza H_0 .

2.3. Definiciones básicas

2.3.1. Temperatura

Es un factor regulador de los procesos naturales en el medio acuático, determinando la evolución o tendencia de las propiedades físicas, químicas o biológicas (Bureau Veritas, 2008).

2.3.2. Turbiedad

Es causada por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través de una muestra de agua. Es la propiedad óptica de una suspensión que hace que la luz sea reemitida y no transmitida a través de la suspensión, debido a una gran variedad de materiales en suspensión que varían de tamaño como arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, microorganismos, organismos planctónicos, etc (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.3. pH

Mide el grado de acidez o basicidad de una muestra. Las aguas naturales pueden tener pH ácidos por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales, por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo. La principal sustancia básica en el agua natural es el carbonato cálcico que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato/bicarbonato. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.4. Conductividad

Es una expresión numérica de su habilidad de transportar corriente eléctrica. Depende de la presencia de iones y de su concentración total, movilidad, valencia y de la temperatura (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.5. Oxígeno disuelto

Su importancia deriva de su capacidad de oxidación de diferentes constituyentes y de modificar por ello, la solubilidad de los mismos. La fuente mayoritaria de oxígeno disuelto en aguas en contacto con el aire es la atmósfera. Una fuente indirecta es también la fotosíntesis. El contenido en oxígeno disuelto puede llegar incluso a valores de saturación: 13,3 mg/L a 10 °C y 7,6 mg/L a 30 °C (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.6. Sólidos disueltos totales

La medida TDS tiene como principal aplicación el estudio de la calidad del agua de los ríos, lagos y arroyos. Aunque el TDS no tiene la

consideración de contaminante grave, es un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sales y otras del agua (APHA, AWWA, WPCF 1992).

2.3.7. Cloruros

El cloruro en forma de ion (Cl^-), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. En el agua potable, el sabor salado producido por el cloruro, es variable y depende de la composición química del agua. Algunas, con 250 mg Cl^-/L pueden tener un sabor salado detectable si el catión es el sodio. En cambio, ese gusto salado típico puede estar ausente en aguas con hasta 1000 mg/L cuando los cationes predominantes son el calcio y el magnesio. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.8. Sulfatos

El ion sulfato procede del lavado de materiales sedimentarios salinos, de la oxidación de sulfuros, de la descomposición de sustancias orgánicas, etc. La disolución de yeso (y anhidrita) representa la mayor cantidad aportada de este ion a las aguas subterráneas. Su comportamiento está condicionado por su tendencia a formar iones complejos con sodio y calcio y a incorporarse a procesos biológicos. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.9. Dureza total

Como aguas duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en

las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.10. Alcalinidad

Es la capacidad que tiene el agua para neutralizar ácidos. Mide el contenido total de sustancias alcalinas (OH^-), en aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones: bicarbonatos: HCO_3^- , carbonatos: CO_3^{2-} , e hidróxidos: OH^- (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.11. Nitratos

El nitrógeno puede aparecer en forma de NH_3 , NH_4^+ y, por oxidación, estas formas reducidas se transforman en N_2 y, finalmente en NO_3^- que es la forma más usual y estable en las aguas subterráneas. La oxidación-reducción de las especies nitrogenadas en el agua está influenciada por fenómenos biológicos (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.12. Nitritos

El ion nitrito (NO_2^-) puede estar presente en las aguas bien como consecuencia de la oxidación del NH_3 o como resultado de la reducción de los nitratos. Su presencia en el agua puede ser una evidencia de contaminación reciente, dada su inestabilidad. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.13. Fosfatos

Se considera como nutriente para el crecimiento de las algas, la presencia de fosfatos indica la presencia de detergentes y de algas (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14. Metales: arsénico, plomo, cromo, mercurio, hierro, zinc

2.3.14.1. Arsénico

Una cantidad tan pequeña como 100 mg puede ocasionar un grave envenenamiento; además, pueden aparecer efectos crónicos por su acumulación en el cuerpo por repetidos niveles bajos de ingesta. También se le atribuyen al arsénico propiedades carcinógenas. La mayoría de aguas potables raramente excede los 10 µg/L de arsénico (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14.2. Plomo

Es un importante veneno que se acumula en el organismo. Las aguas naturales rara vez contienen por encima de 5 µg/L (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14.3. Cromo

El cromo hexavalente es cancerígeno, normalmente éste pasa a contaminar las aguas por desechos industriales (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14.4. Mercurio

Las sales orgánicas e inorgánicas de mercurio son muy tóxicas y su presencia en el ambiente, y en especial en el agua, debe controlarse (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14.5. Hierro

En muestras filtradas de aguas superficiales oxigenadas, el hierro raramente alcanza concentraciones de 1 mg/L. Algunas aguas subterráneas y drenajes superficiales ácidos pueden contener una cantidad de hierro bastante mayor. El hierro en el agua puede ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.14.6. Cadmio

Es muy tóxico y se le han atribuido algunos casos de intoxicación por alimentos. Se cree que muy pequeñas cantidades de cadmio podrían ser la causa de alteraciones adversas en las arterias renales. También produce cánceres generalizados en animales de laboratorio y ha sido relacionado epidemiológicamente con ciertos cánceres humanos (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.15. Coliformes totales

Son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados del grupo coliformes forman parte varios géneros: Escherichia,

Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, etc. Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, pero también en otros ambientes: agua, suelo, plantas, cáscara de huevo, etc. Una elevada proporción de los coliformes que existen en los sistemas de distribución no se debe a un fallo en el tratamiento en la planta, sino a un recrecimiento de las bacterias en las conducciones. (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

2.3.16. Coliformes termotolerantes o fecales

Los coliformes forman parte varios géneros: Escherichia, Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter, etc. Dentro de ese grupo la única bacteria que es de origen fecal (intestino de hombre y animales) es la Escherichia coli, que compone las "coliformes fecales" que son capaces de crecer a 44 °C a diferencia de las otras coliformes que no resisten esa temperatura. Actualmente a las bacterias coliformes fecales se las llama "termotolerantes" (APHA, AWWA, WPCF, 1992).

CAPÍTULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Los valores de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición de zonas aledañas a la Universidad Nacional de Cajamarca son superiores a los estándares nacionales de calidad ambiental de agua para consumo humano, subcategoría A.

3.2. Variables

Variable independiente: Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas subterráneas de consumo humano con y sin ebullición.

Variable dependiente: Aguas subterráneas de las zonas aledañas de la Universidad Nacional de Cajamarca.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

En el presente trabajo se consideran 2 estaciones de muestreo, una ubicada en el predio de Pedro Cerquín Mestanza que se encuentra en la zona Ajoscancha Baja, en el cual hay nueve usuarios, y la otra ubicada en el predio de Segundo Aquino Quiroz que se encuentra en la zona San Martín, en el cual hay treinta y dos usuarios.

Tabla 4.1: Ubicaciones de los puntos de muestreo

Punto de muestreo		Predio	Coordenadas	Profundidad
Código	Ubicación			
MP – 1	Zona Ajoscancha Baja	Pedro Cerquín Mestanza	17M 766285,90 m E	1 metro
MP – 2	Zona San Martín	Segundo Aquino Quiroz	17M 777618,78 m E	20,3 metros

En el siguiente mapa se aprecia su ubicación



Figura 4.1: Ubicación de los puntos de muestreo

4.2. Diseño de la investigación

- 4.2.1. Selección de la zona de muestreo (Tabla 4.1)
- 4.2.2. Selección de parámetros (Tabla 4.2)
- 4.2.3. Preparación de soluciones y reactivos
- 4.2.4. Calibración de equipos y elaboración de curvas
- 4.2.5. Preparación de muestras
- 4.2.6. Análisis fisicoquímico y bacteriológico de las muestras
- 4.2.7. Análisis de resultados

Tabla 4.2: Parámetros seleccionados

Parámetro	Tipo de parámetro		
	Químico	Físico	Bacteriológico
Temperatura		X	
pH	X		
Conductividad		X	
Oxígeno disuelto	X		
Sólidos disueltos totales		X	
Cloruros	X		
Sulfatos	X		
Dureza total	X		
Nitratos	X		
Nitritos	X		
Fosfatos	X		
Metales: arsénico, plomo, cromo, mercurio, hierro, zinc.	X		
Coliformes totales			X
Coliformes termotolerantes o fecales			X

4.3. Métodos de investigación

El presente trabajo de investigación es del tipo: descriptivo, experimental y longitudinal.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidades de observación

Población: Aguas subterráneas de la ciudad de Cajamarca.

Muestras: 4 litros de agua del Barrio San Martín de Porres, en el predio de Segundo Aquino Quiroz (MP-1) y 4 litros de agua de Ajoscancha Baja, en el predio de Pedro Cerquín Mestanza (MP-2), esto se realizó por cada muestreo

Unidad de análisis: Agua subterránea.

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Las técnicas descritas a continuación han sido tomadas de la American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation (APHA, AWWA, WPCF).

4.5.1. Determinación de turbiedad

Método nefelométrico

A. Procedimiento

- Se realizó la calibración del equipo de acuerdo al manual de instrucciones.
- Una vez que se calibró con la solución de 40 NTU, se procedió a leer las lecturas de turbiedad de las diferentes muestras.

B. Expresión de resultados

La turbiedad se informó en NTU (Unidades Nefelométricas de turbiedad)

$$\text{Turbiedad} = \frac{A \times V}{T}$$

donde:

A: NTU de la muestra diluida

V: Volumen del matraz de dilución, mL

T: Volumen de muestra tomado para diluir, mL

4.5.2. Determinación de pH

Método electrométrico

A. Procedimiento

Calibración del instrumento:

- Para ello se siguió las instrucciones del medidor de pH. En la calibración se usaron como mínimo dos de las soluciones buffer, cuyos valores de pH deben cubrir el rango de pH esperado por la muestra a medir.
- Se llevó los buffers y la muestra a la misma temperatura.

Medida:

- Se midió el pH de la muestra indicando la temperatura de la misma.
- Una vez que finalizó las medidas, se enjuagó, se secó suavemente el electrodo y se procedió a ubicarlos en la solución de preservación del mismo.

B. Expresión de resultados

Los resultados se reportaron en unidades de pH con una precisión de 0,01 y la temperatura con una precisión de 0,1 °C.

4.5.3. Determinación de conductividad

A. Procedimiento

- Se siguió las instrucciones del conductivímetro utilizado.
- Se calibró el conductivímetro con la solución de KCl.

Medida de la conductividad:

- Se enjuagó el electrodo del conductivímetro con una o más porciones de la muestra a medir.
- Se ubicaron las muestras de tal manera que no queden retenidas burbujas de aire.
- Leer la conductividad de las muestras.

4.5.4. Determinación de oxígeno disuelto

A. Procedimiento

- Se fijó el oxígeno de la muestra con 2 mL de solución de sulfato de manganeso, y luego 2 mL de solución yoduro-alcalina, agitar fuertemente y dejar en reposo por 15 minutos.
- Se agitó fuertemente y se adicionó 2 mL de solución de ácido sulfúrico, mezclar hasta la disolución del precipitado. Se dejó en reposo por 10 minutos, manteniendo la botella en la oscuridad.
- Se tomó alícuotas de 50 mL por duplicado.

- Se tituló con solución de tiosulfato 0,01 N hasta obtener color amarillo pálido.
- Se adicionó dos gotas de solución de almidón y se siguió titulando hasta desaparición del color azul.
- Se anotó los volúmenes de tiosulfato y se promedió.

B. Calibración

- Se pipeteó 2 alícuotas de 10 mL de yodato de potasio 0,01 N en erlenmeyers de 125 mL.
- Se adicionó 40 mL de agua destilada a cada uno y se agitó.
- Se adicionó 2 mL de solución de ácido sulfúrico y se agitó.
- Se adicionó 2 mL de solución yoduro-alcalina y se agitó.
- Se dejó en reposo por 15 minutos.
- Se tituló con tiosulfato 0,01 N, se anotó los volúmenes y se obtuvo el promedio de ellos (V₂).
- Se determinó la verdadera normalidad del tiosulfato por:

$$N_1 = \frac{10 \text{ mL} \times N_{\text{KClO}_3}}{V_2}$$

N_{KClO_3} = Normalidad del yodato de potasio (0,01 N).

C. Cálculos

La concentración de oxígeno disuelto en las muestras, puede calcularse a partir de la ecuación:

$$\text{O. D.} = \frac{8\,000 \times (V_1) \times N \times V_t}{(V - 4) \times V_m}$$

Donde:

O.D. = Oxígeno disuelto (mg O₂/L)

V = Volumen del frasco (300 mL)

V₁ = Volumen de tiosulfato 0,01 N gastado para titular la muestra.

V_m = Volumen de la alícuota tomada (50 mL)

N_t = Normalidad del tiosulfato de sodio

V - 4 = Volumen corregido, teniendo en cuenta la adición de los dos primeros reactivos

Nota: Para pasar la concentración a mL/L divide la concentración en mg/L por 1,428.

4.5.5. Determinación de sólidos disueltos totales secados a 180 °C

A. Procedimiento:

Preparación del filtro y la cápsula de porcelana:

- Se encendió la mufla a 180 ± 2 °C.
- Se colocó el filtro (con la cara rugosa hacia arriba), en el equipo de filtración al vacío.
- Se aplicó el vacío y se lavó con 3 porciones sucesivas de 20 mL de agua destilada.
- Se continuó la succión hasta remoción total de las trazas de agua y se desechó el filtrado.
- Se retiró el filtro, y se depositó en la cápsula de evaporación que se taró y se llevó a la mufla por 1 hora a 180 ± 2 °C.
- Se retiró la cápsula con el filtro y se colocó en el desecador.

- Con las pinzas, se retiró el filtro y se colocó sobre papel aluminio en el mismo desecador donde se dejó en reposo junto con la cápsula hasta el momento de usarlos.
- Se midió la masa de la cápsula inmediatamente antes de que se use y se registró el dato (masa A).

Análisis de la muestra:

- Se esperó a que la muestra se encuentre a temperatura ambiente.
- Se ensambló el equipo de filtración utilizando el filtro.
- Se mezcló bien la muestra y se filtró.
- Se lavó con tres alícuotas de 10 mL de agua destilada.
- Se continuó la succión durante 3 minutos adicionales.
- Se transfirió el filtrado, con los lavados incluidos, a la cápsula de evaporación previamente tarada.
- Se llevó casi hasta sequedad en placa calefactora evitando la ebullición.
- Se introdujo la cápsula en la mufla previamente acondicionada a $180 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y se dejó durante una hora.
- Se enfrió en el desecador; se midió la masa, sin dilación, de la cápsula y se registró el dato (masa B).
- Se repitió hasta que la variación del peso sea $< 4 \%$ ó de 0,5 mg.

B. Cálculos y presentación de resultados

$$\frac{\text{mg sólidos disueltos totales}}{L} = \frac{[(B - A) \times 1000]}{\text{volumen de muestra (mL)}}$$

Donde:

A: Masa de la cápsula de evaporación vacía (en mg)

B: Masa de la cápsula de evaporación + residuo seco (en mg)

4.5.6. Determinación de cloruros

Método Argentométrico

A. Procedimiento

Titulación de la solución estándar de nitrato de plata

- Se tomó en un erlenmeyer de 250 mL, 20 mL de la solución estándar de cloruro de sodio.
- Se diluyó a 100 mL.
- Se agregó 1 mL de solución indicadora.
- Se valoró la solución de nitrato de plata hasta un punto final de color amarillo-rosado.

Determinación

- Se tomó en un erlenmeyer de 250 mL, 100 mL de muestra o una alícuota diluída a 100 mL.
- Se ajustó la muestra a pH entre 7 y 10 con ácido sulfúrico o hidróxido de sodio.
- Se agregó 1 mL de solución indicadora.
- Se tituló con solución estándar de nitrato de plata, hasta color amarillo-rosado como punto final.
- Se tituló siempre un blanco de agua destilada, en las mismas condiciones.

B. Cálculos y expresión de resultados

$$N = \frac{P \times V}{58,5 \times G}$$

donde:

N: Normalidad del nitrato de plata en Eq/L

P: Masa de NaCl pesado para la preparación de la solución estándar de cloruro de sodio, g

V: Volumen de la solución estándar de NaCl tomado para la valoración de la solución de nitrato de plata, 20 mL

G: Gasto de nitrato de plata en su valoración, mL

$$\text{Cloruros} = \frac{(A - B) \times N \times 35\,450}{V}$$

donde:

Cloruros = mg Cl⁻/L

A: Gasto de titulante en la valoración de la muestra, mL

B: Gasto de titulante por el blanco, mL

V: Volumen de muestra tomado para el ensayo, mL

4.5.7. Determinación de sulfatos

A. Procedimiento

Curva de calibración:

- Se realizó una curva de calibración con concentraciones que contengan entre 1 y 10 mg/L o entre 10 y 40 mg/L de sulfato a partir de la solución estándar de sulfato, para que la curva contenga la concentración de la muestra.

- Se pipeteó 100,0 mL de una solución estándar en un matraz erlenmeyer de 250 mL, se agregó 20,0 mL de solución buffer A para soluciones de concentraciones mayores a 10 mg/L, o 20,0 mL de buffer B para concentraciones menores a 10 mg/L.
- Se agregó una punta de espátula de cristales de BaCl₂ y se agitar a velocidad constante durante 60 ± 2 s.
- Se colocó la solución en la celda y se midió la absorbancia a los 5 ± 0,5 minutos a 420 nm.
- Se repitió los pasos anteriores para los demás estándares.
- Se realizó un blanco de agua destilada y reactivos.
- Graficar absorbancia vs mg SO₄²⁻/L.

Determinación:

- Se siguió los pasos descritos en la curva de calibración.

B. Cálculos y expresión de resultados

Medida con buffer A

$$\text{Sulfatos} = \frac{C \times 1\,000}{V}$$

donde:

Sulfatos = mg SO₄²⁻/L

C: mg/L de la muestra, determinado con la curva de calibración, usando como dato de absorbancia: (Absorbancia muestra - Absorbancia blanco de muestra).

V: mL de muestra tomados para la determinación

Medida con buffer B

$$\text{Sulfatos} = \frac{(M - B) \times 1\,000}{V}$$

donde:

Sulfatos = mg SO₄²⁻/L

M: mg/L aparente de la muestra leída de la curva de calibración

B: mg/L del blanco leído de la curva de calibración

V: mL de muestra tomados para la determinación

4.5.8. Determinación de dureza total

Método titulométrico con EDTA

A. Procedimiento

Titulación de la solución de EDTA:

- Se tomó 10,0 mL de solución estándar de calcio y se diluyó a 50 mL en un matraz erlenmeyer. Se agregó 1,0 mL de solución buffer.
- Se agregó una punta de espátula de reactivo indicador.
- Se tituló con solución de EDTA lentamente y agitando continuamente hasta viraje del color de la solución de rosado a azul.
- Se completó la titulación dentro de los cinco minutos siguientes al agregado de la solución buffer.

Titulación de la muestra:

- Se seleccionó un volumen de muestra que requiera un gasto de EDTA menor a 15 mL.
- Se diluyó la muestra a 50 mL con agua destilada.
- Se agregó 1 ó 2 mL de solución buffer.

- Se agregó una punta de espátula de reactivo indicador.
- Se tituló con solución de EDTA lentamente y agitando continuamente hasta viraje de color de la solución de rosado a azul.
- Se completó la titulación dentro de los cinco minutos siguiente al agregado de la solución buffer.

B. Cálculos y expresión de resultados

$$T = \frac{P \times V_1}{G_1}$$

donde:

T: mg de CaCO₃ equivalentes a 1 000 mL de EDTA

P: mg CaCO₃/L de la solución estándar de calcio

V₁: Volumen de solución estándar de calcio tomados en la titulación de la solución de EDTA, (10,0 mL)

G₁: Gasto de la solución de EDTA consumidos en su titulación

$$\text{Dureza total} = \frac{T \times V_2}{G_2}$$

donde:

Dureza total = mg CaCO₃/L

V₂: Volumen de muestra tomados para la determinación, mL

G₂: Volumen de solución de EDTA consumidos en la titulación de la muestra, mL

4.5.9. Determinación de alcalinidad total

A. Procedimiento

Se agregó 0,1 mL de indicador anaranjado de metilo a una muestra de 100 mL contenida en un matraz erlenmeyer de 250 mL. Se tituló con solución de ácido sulfúrico valorado 0,1 N hasta el viraje a color naranja salmón.

B. Cálculos y expresión de resultados

La normalidad del ácido sulfúrico estándar es:

$$N = \frac{A \times B}{53 \times C}$$

donde:

N = normalidad del ácido sulfúrico en Eq/L.

A = g Na_2CO_3 /L de la solución de carbonato de sodio 0,05 N.

B = mL de solución de carbonato de sodio tomados para la valoración del ácido.

C = mL de ácido utilizados en su valoración.

$$\text{Alcalinidad} = \frac{G \times N \times 50\,000}{T}$$

donde:

Alcalinidad = mg CaCO_3 /L

G = mL de ácido sulfúrico utilizados en la titulación.

N = normalidad del ácido sulfúrico utilizado para la determinación.

T = mL de muestra.

4.5.10. Determinación de nitratos

A. Procedimiento

Curva de calibración:

- Se preparó soluciones estándares de nitrato en un rango entre 0 y 7 mg NO₃⁻/L por dilución de la solución intermedia de nitrato.
- Se agregó a 50 mL de los estándares, 1 mL de HCl 1 N.
- Se midió la absorbancia de los estándares a 220 y 275 nm contra un blanco de agua.
- Se graficó la absorbancia corregida vs concentración de nitrato. Se verificó la curva periódicamente.

Determinación:

- Se midió la absorbancia de la muestra a 220 y 275 nm contra un blanco de agua.

B. Cálculos y expresión de los resultados

La absorbancia corregida se calcula como:

$$\text{Absorbancia nitratos} = (\text{Abs}_{220} - \text{Abs}_{275})$$

Si el valor corregido es mayor al 10 % de la lectura realizada a 220 nm, este método no debe ser aplicado.

La concentración de nitratos se obtiene con la curva de calibración y el valor de absorbancia corregido.

Los resultados se expresan como mg/L de nitrato como nitrógeno (mg NO₃-N /L).

4.5.11. Determinación de nitritos

A. Procedimiento:

Preparación de la curva de calibración:

- Se pipeteó volúmenes crecientes de la solución patrón o de la solución intermedia de nitritos y se completó a volumen con agua destilada para obtener al menos seis concentraciones comprendidas en el rango 0,000 - 0,200 mg/L
- Se transfirió los estándares anteriores a vasos de precipitado de 100 mL.
- Se preparó el reactivo Zambelli, diluyendo 260 mL de HCl concentrado con 500 mL de agua destilada más 5,0 g de ácido sulfanílico y 7,5 g de fenol, se calentó suavemente hasta disolverlos. Luego se agregó 135 g de NH_4Cl y se disolvió. Se dejó enfriar y se completó hasta 1000 mL con agua destilada en un matraz aforado.
- Se añadió 2 mL de reactivo de Zambelli a los vasos de precipitados.
- Se agitó para mezclar bien y esperar 2 minutos.
- Se añadió 2 mL de amoníaco concentrado y se agitó.
- Se leyó inmediatamente en el espectrofotómetro a 425 nm con cubetas de paso óptico de 1 ó 5 cm.

Determinación de nitritos en muestras:

- Se transfirió 50 mL de muestra, a un vaso de precipitados de 100 mL, se adicionó 2 mL de reactivo de Zambelli. Se agitó para mezclar bien y se esperó 2 minutos.

- Se añadió 2 mL de amoníaco concentrado, se agitó y se esperó 5 minutos.
- Se preparó y analizó un blanco de reactivos con agua bidestilada.
- Se leyó en el espectrofotómetro a 425 nm con cubetas de paso óptico de 1 cm respecto a la curva de calibración de nitritos.

B. Cálculos y resultados:

El resultado se obtuvo directamente en la curva de calibración del espectrofotómetro y se expresó con tres cifras decimales. Se consultó los datos de la curva vigente para informar aquellos resultados que resulten menores al límite de cuantificación.

4.5.12. Determinación de fosfatos

A. Procedimiento

Preparación de las curvas de calibración:

Se empleó 2 curvas, una en intervalo bajo (0 – 0,40 mg/L) y otra en intervalo alto (0,1 – 3,0 mg/L).

- Se pipeteó volúmenes crecientes de la solución patrón de fosfatos y se completó a volumen con agua para obtener al menos seis concentraciones comprendidas en el intervalo deseado.
- Se transfirió los estándares a vasos de precipitado de 100 mL.
- Se añadió 1 gota de indicador de fenolftaleína.

- Se adicionó 8,0 mL de reactivo combinado (mezcla de H₂SO₄ 5 N, tartrato de sodio y potasio, molibdato de amonio y ácido ascórbico) y se agitó.
- Se dejó en reposo por al menos 10 minutos para completar el desarrollo de color.
- Antes de 30 minutos, se leyó en el espectrofotómetro a 880 nm con cubetas de paso óptico de 5 cm ó 1 cm.
- En función del espectrofotómetro utilizado, se creó la curva de calibración.

Determinación de fosfatos en muestras:

- Se transfirió 50 mL de muestra, a un vaso de precipitados de 100 mL. Se adicionó 8,0 mL del reactivo combinado. Se agitó para mezclar bien.
- Se esperó 10 minutos para el desarrollo del color.
- Se preparó y analizó un blanco de reactivos con agua desionizada.
- Se dejó reposar por 30 minutos a 2 horas.
- Se leyó en el espectrofotómetro a 880 nm con cubetas de paso óptico de 1 ó 5 cm respecto a la curva de calibración correspondiente.

B. Cálculos y resultados

En función del espectrofotómetro utilizado, el resultado se obtuvo directamente en la curva de calibración del equipo. Se expresó con dos cifras decimales. Se debió consultar los datos de la curva vigente

para informar aquellos resultados que resulten menores al límite de detección.

4.5.13. Determinación de coliformes totales y fecales

A. Prueba presuntiva

- Se agitó la muestra y se transfirió 1 mL a cada uno de los tubos con caldo lauril sulfato de sodio que se hayan seleccionado. Se agitó los tubos para homogeneizar la muestra.
- Se incubó los tubos a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Se examinó los tubos a las 24 horas., se observó si hay formación de gas (desplazamiento del medio en la campana de Durham); si no se observa producción de gas, incubar 24 horas más.

B. Prueba confirmativa de microorganismos coliformes totales

- Se transfirió cada tubo positivo obtenido durante la prueba presuntiva, a tubos que contiene caldo de bilis verde brillante (brila), con campana de Durham.
- Se agitó suavemente los tubos para su homogeneización.
- Se incubó a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 a 48 horas.
- Se registró como positivos aquellos tubos en donde se observe turbidez (crecimiento) y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 horas.
- Se consultó la tabla de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes totales/100 mL.

C. Prueba confirmativa de microorganismos coliformes fecales.

- Transfirió los tubos positivos obtenidos durante la prueba presuntiva a tubos con caldo triptona.
- Se agitó suavemente los tubos para su homogeneización.
- Se incubó a $44,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ en incubadora o un baño de agua con circulación durante 24 a 48 horas.
- Se registró como positivos todos los tubos en donde se observó crecimiento y producción de gas después de un período de incubación de 24 a 48 horas.
- Se consultó la tabla de NMP para conocer el número más probable de organismos coliformes fecales/ 100 mL

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Los resultados de los análisis obtenidos de estas aguas con o sin ebullición, se contrastaron con los parámetros establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad de Agua, Categoría 1 y con el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud, publicado en el DS N° 031-2010-SA, para determinar si son aptas o no para el consumo humano y sugerir el tipo de tratamiento que se debe dar a estas aguas. Para realizar el procesamiento, contrastación y análisis de los datos se utilizó el método de Friedman con ayuda de los softwares Minitab 17 y Microsoft Excel 2010.

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc

4.7.1. Material de campo

- Equipo multiparámetro; Marca: WTW; Serie: Multi 3430 SET G
- GPS; Marca Garmin
- Cámara fotográfica digital
- Recipientes para la toma de muestras
- Baldes de plástico transparente de 5 litros
- Libreta de apuntes

4.7.2. Material y equipos de laboratorio

- Reactivos para análisis volumétricos e instrumentales
- Material de vidrio para análisis
- Espectrofotómetro UV-visible; Marca: Spectronic 20 Bausch & Lomb

4.7.3. Equipo de gabinete

- Notebook
- Material de escritorio

CAPÍTULO V
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

Tabla 5.1: Resultados del análisis físico de la zona San Martín

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
			SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
Temperatura		°C	18,8	21,1	18,5	19,5	20,5	27,4	20,4	20,8
Conductividad	C.E.	μS/cm	758	560	749	499	742	693	709	451
Salinidad			0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1
Turbiedad		UNT	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Sólidos disueltos totales	STD	mg/L	546	403	540	360	534	498	510	324

Tabla 5.2: Resultados del análisis químico de la zona San Martín

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
			SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
pH			7,063	7,700	7,226	8,073	7,040	7,532	7,300	8,130
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/L	6,89	6,21	6,90	6,19	6,57	5,87	6,40	6,20
Dureza	CaCO ₃	mg/L	284	250	273	265	254	243	242	221
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/L	256,2	141,96	268,8	110,88	220,92	131,9	322,56	95,76
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	43,05	47,94	48,43	49,90	45,99	55,28	40,61	48,92
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	30	38	29	43	30	34	25	28
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	mg/L	0,27	0,15	0,27	0,13	0,27	0,09	0,16	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	9,6	30,7	9	28,4	8,5	31,7	12,9	24,1
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	0,012	0,009	0,01	0,008	0,009	0,007	0,011	0
Arsénico	As	mg/L	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133
Calcio	Ca	mg/L	33,594	33,601	123,673	135,048	169,881	152,886	176,136	79,106
Cromo	Cr	mg/L	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296
Hierro	Fe	mg/L	< 0,000723	< 0,000723	0,094	0,074	< 0,000723	< 0,000723	0,514	0,351
Magnesio	Mg	mg/L	10,621	11,409	11,872	12,084	< 0,00255	< 0,00255	16,636	17,15
Mercurio	Hg	mg/L	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326
Plomo	Pb	mg/L	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158
Potasio	K	mg/L	8,294	7,158	5,489	5,602	10,778	10,811	11,745	11,243
Sodio	Na	mg/L	7,963	8,016	18,17	19,354	19,854	20,026	3,382	3,616
Zinc	Zn	mg/L	< 0,000557	< 0,000557	0,074	0,048	< 0,000557	< 0,000557	0,045	0,03

Tabla 5.3: Resultados del análisis bacteriológico de la zona San Martín

PARÁMETRO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
		SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
		Coliformes totales	NMP/100 mL	0	0	9	0	0	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 5.4: Resultados del análisis físico de la zona Ajoscancha Baja

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
			SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
Temperatura		°C	18,9	24,4	19,8	22,0	20,9	27,9	20,0	20,1
Conductividad	C.E.	μS/cm	1022	689	1040	724	1 006	732	1017	579
Salinidad			0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
Turbiedad		UNT	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sólidos disueltos totales	STD	mg/L	736	496	749	521	724	527	732	417

Tabla 5.5: Resultados del análisis químico de la zona Ajoscancha Baja

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
			SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
pH			7,010	7,715	7,15	7,574	7,022	7,474	7,14	8,17
Oxígeno disuelto	O ₂	mg/L	6,9	6,04	6,69	5,99	6,23	5,97	6,25	6,19
Dureza	CaCO ₃	mg/L	290	238	272	264	256	251	247	230
Alcalinidad	CaCO ₃	mg/L	300,72	95,76	341,88	173,9	282,24	141,32	318,16	77,28
Cloruros	Cl ⁻	mg/L	72,41	75,34	79,25	65,56	68,98	73,88	71,43	74,85
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	60	63	57	61	54	57	52	63
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	mg/L	0,27	0,13	0,27	0,1	0,27	0,1	0,18	0,14
Nitratos	NO ₃ ⁻	mg/L	6,5	42,6	7,9	42,6	6,5	40,2	13,1	23,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	mg/L	0,015	0,007	0,013	0,01	0,012	0,01	0,011	0,006
Arsénico	As	mg/L	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133	< 0,0133
Calcio	Ca	mg/L	33,762	33,535	176,009	99,363	238,394	136,639	243,658	91,836
Cromo	Cr	mg/L	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296	< 0,0000296
Hierro	Fe	mg/L	< 0,000723	< 0,000723	0,011	< 0,000723	< 0,000723	< 0,000723	0,236	0,185
Magnesio	Mg	mg/L	14,271	16,517	16,635	18,416	< 0,00255	< 0,00255	24,512	22,022
Mercurio	Hg	mg/L	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326	< 0,0000326
Plomo	Pb	mg/L	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158	< 0,00158
Potasio	K	mg/L	7,882	8,631	6,421	6,635	12,612	12,987	14,483	12,825
Sodio	Na	mg/L	8,3	8,885	20,786	22,157	21,368	21,996	3,09	3,66
Zinc	Zn	mg/L	< 0,000557	< 0,000557	0,026	0,028	< 0,000557	< 0,000557	0,047	0,03

Tabla 5.6: Resultados del análisis bacteriológico de la zona Ajoscancha Baja

PARÁMETRO	UNIDAD	MARZO 2014		JUNIO 2014		SETIEMBRE 2014		DICIEMBRE 2014	
		SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN	SIN EBULLICIÓN	CON EBULLICIÓN
Coliformes totales	NMP/100 mL	70	0	7	0	12	0	30	0
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0	0	0	0	0	0	0	0

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Análisis de la variación espacial de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las dos aguas subterráneas en estudio

I. Agua subterránea de la zona San Martín

Estas aguas subterráneas sin ebullición son bicarbonatadas cálcicas y las con ebullición son sulfatadas y cloruradas cálcicas, como se muestra en el apéndice A.4 en los diagramas de Piper Hill 1 y 2. En las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 se muestran los datos experimentales de los análisis físicos; en las figuras 5.4 a 5.13 se muestran los datos experimentales de los análisis químicos y en la figura 5.14 los datos experimentales de los análisis bacteriológicos.

A. Temperatura

Como se puede observar en el gráfico 5.1, la temperatura del agua subterránea sin ebullición muestra una mínima de 18,5 °C en el mes de junio y una máxima de 20,5 °C en los meses de setiembre y diciembre; siendo el promedio de 19,58 °C y la variación del promedio mensual anual es de 0,92 °C (Δ 0,92 °C); esta agua subterránea no supera el estándar nacional de calidad del agua para consumo humano clase A1 (Δ 3), A2 (Δ 3) y A3 (**). La temperatura muestra un incremento de marzo a diciembre, cambiando de 18,5 °C (junio) a 20,5 °C (setiembre). Esto sugiere que el suelo en esos meses sufre un ligero calentamiento. El agua subterránea sin ebullición no se tomó en cuenta para la discusión, porque es un agua que se le ha hecho un tratamiento térmico y por lo tanto, ha sufrido alteraciones con respecto a la temperatura.

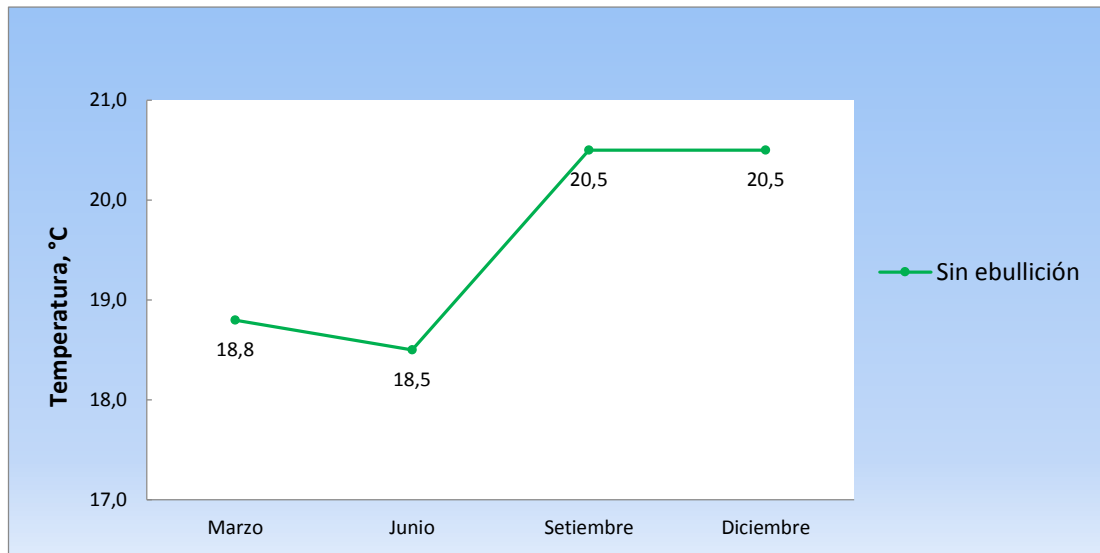


Figura 5.1: Temperatura del agua de la zona San Martín

B. Conductividad

En la figura 5.2 se observa que la conductividad del agua sin ebullición varía de 709 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 758 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo el promedio de 739,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad del agua con ebullición varía de 451 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 693 $\mu\text{S}/\text{cm}$, el cual tiene una media de 550,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores superan ligeramente a los encontrados durante la investigación realizada en México, que varían de 383 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 639 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pérez Moreno, 2003). Asimismo, ambas aguas no superan los estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (1 500), A2 (1 600) y A3 (**). La conductividad de las aguas subterráneas disminuye cuando son sometidas a ebullición, siendo esto favorable, este hecho se corrobora estadísticamente cuando se aplica la prueba de Friedman, la cual establece que existe una diferencia significativa entre la conductividad de las aguas subterráneas con ebullición y la de las aguas sin ebullición, los resultados se muestran en la tabla 5.13.

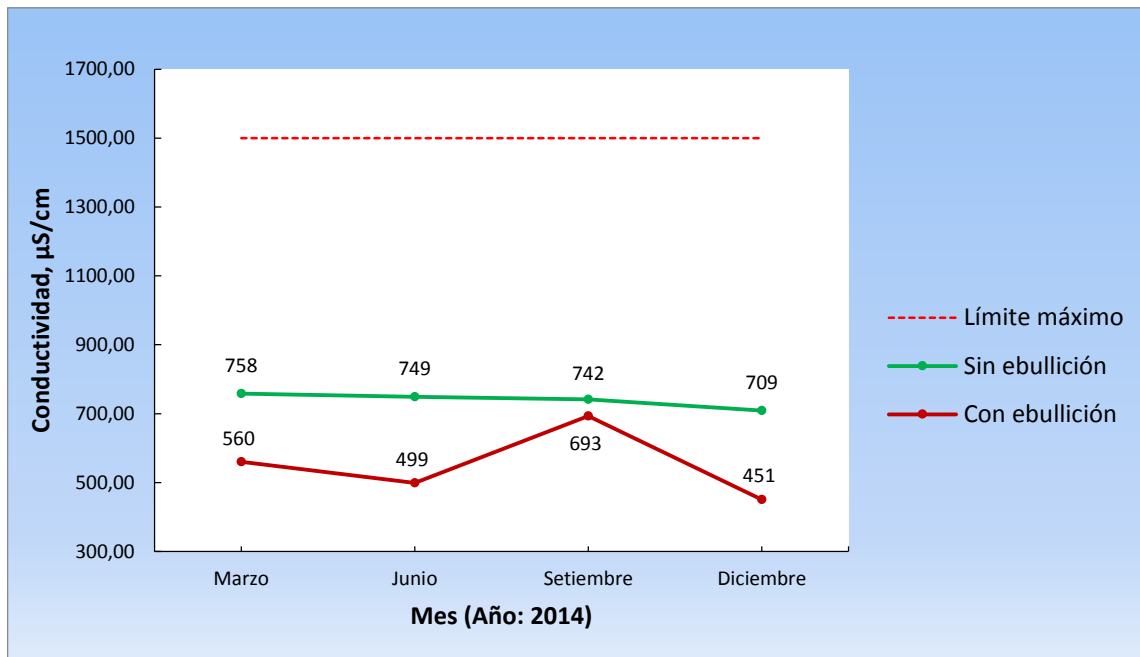


Figura 5.2: Conductividad del agua de la zona San Martín

C. Sólidos disueltos totales

Como se puede apreciar en el gráfico 5.3 la variación de sólidos disueltos totales en el agua subterránea sin ebullición es de 510 mg/L a 546 mg/L, con un promedio de 532,5 mg/L. En las aguas subterráneas de con ebullición la concentración varía de 451 mg/L a 693 mg/L, con una media de 396,25 mg/L. Al igual que en la conductividad, en el mes de setiembre se observa un ligero aumento de la concentración de sólidos disueltos totales, esto es, porque los dos están en relación directa (Romero, 1999), es decir, si la conductividad baja, los sólidos disueltos totales también bajan de concentración. Éste parámetro, con y sin ebullición, no supera los estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (1 000), A2 (1 000) y A3 (1 500). La ebullición es favorable para éste parámetro, porque el método Friedman da una significación de 0,046 (tabla 5.13).

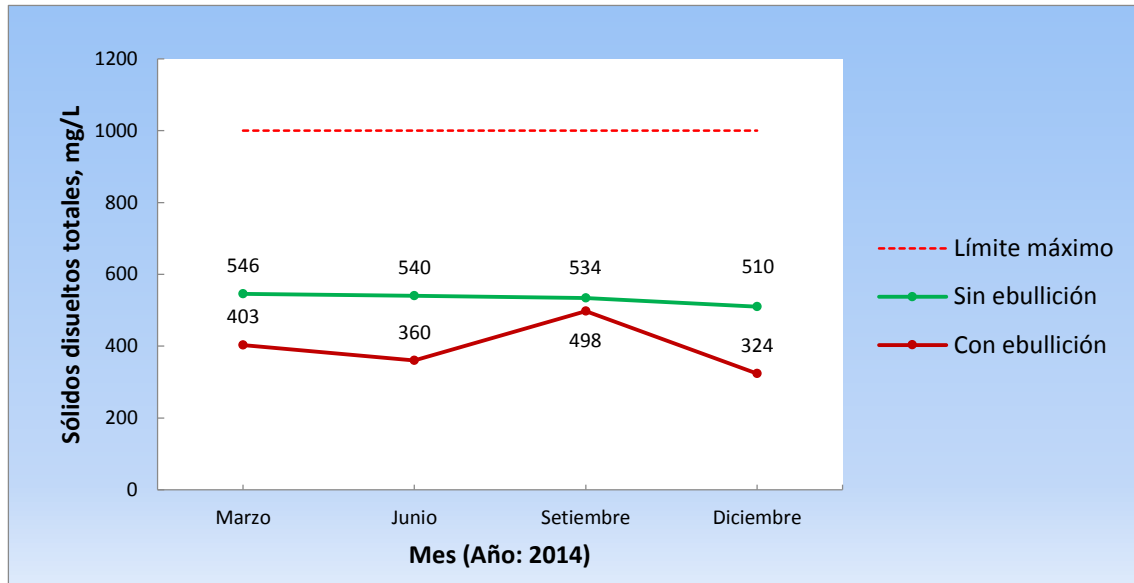


Figura 5.3: Sólidos disueltos totales del agua de la zona San Martín

D. Oxígeno disuelto

Se observa en la figura 5.4 que la concentración de oxígeno disuelto del agua subterránea sin ebullición está entre 6,90 mg/L (18,5 °C) y 6,40 mg/L (20,4 °C), con una media de 6,69 mg/L. La concentración de oxígeno disuelto en el agua subterránea con ebullición varía de 5,87 mg/L (27,4 °C) a 6,21 mg/L (21,1 °C), con un promedio de 6,05 mg/L. Estos valores son parecidos a los encontrados en México, cuyos valores varían de 4,60 mg/L a 6,90 mg/L (Pérez Moreno, 2003). El oxígeno es un gas y su solubilidad está en relación inversa con la temperatura (California Environmental Protection Agency, 2016), y es ésta la que influye en la variación, tanto sin ebullición como con ebullición, observándose que si la temperatura es alta, la concentración de oxígeno disuelto disminuye, logrando disolverse nuevamente el oxígeno si la temperatura disminuye. En el mes de setiembre se observa que la concentración de oxígeno disuelto en el agua con ebullición, no supera límite mínimo de los

estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (≥ 6), A2 (≥ 5) y A3 (≥ 4), pero en los demás meses con y sin ebullición si superan el estándar mínimo; para este parámetro, la ebullición es favorable, porque el nivel de significación es de 0,046; como se puede observar en la tabla 5.14.

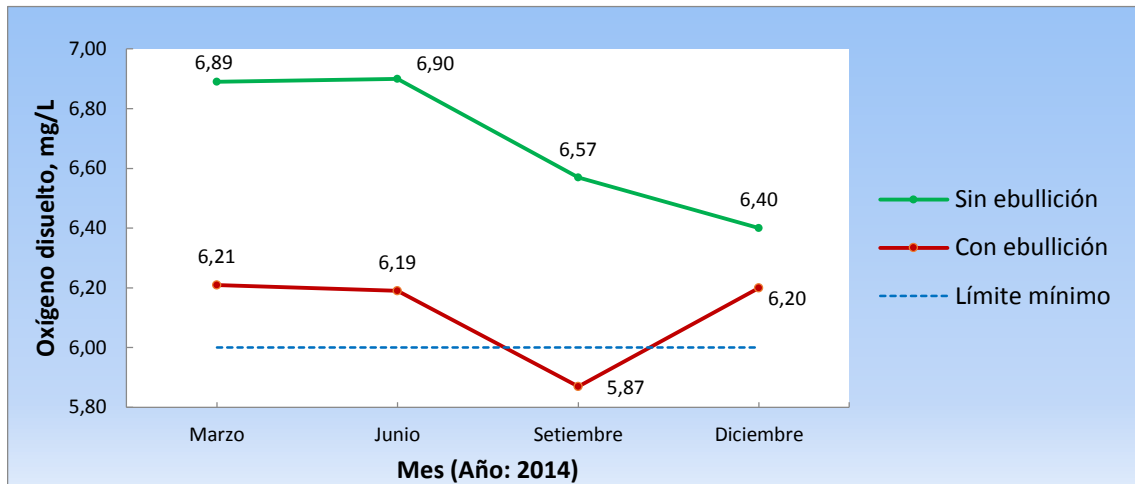


Figura 5.4: Oxígeno disuelto del agua de la zona San Martín

E. pH

Como podemos apreciar en la figura 5.5, el agua subterránea sin ebullición varía con un mínimo de 7,040 (setiembre) a un máximo de 7,300 (diciembre); con una media de 7,157. Estos valores concuerdan con los encontrados en México, que fluctúan de 7 a 8 unidades de pH (Pérez Moreno, 2003). Las aguas subterráneas con ebullición presentan un ligero incremento de pH variando de un mínimo de 7,532 (setiembre) a un máximo de 8,130 (diciembre), con un promedio de 7,859. El dióxido de carbono es uno de los responsables de dar el pH ácido al agua, por el equilibrio en solución entre dióxido de carbono y el ácido carbónico (Baird, 2011). Cuando el agua es sometida a ebullición, el dióxido de

carbono es liberado; dando como consecuencia el incremento del pH. Las aguas subterráneas con y sin ebullición, no superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (6,5 – 8,5), A2 (5,5 – 9,0) y A3 (5,5 a 9,0). La ebullición dada al agua es favorable porque hace al agua alcalina para su consumo (Gonzales, 2016), estadísticamente la ebullición es favorable en ambas aguas subterráneas, siendo su significación 0,046, como se observa en la tabla 5.14.

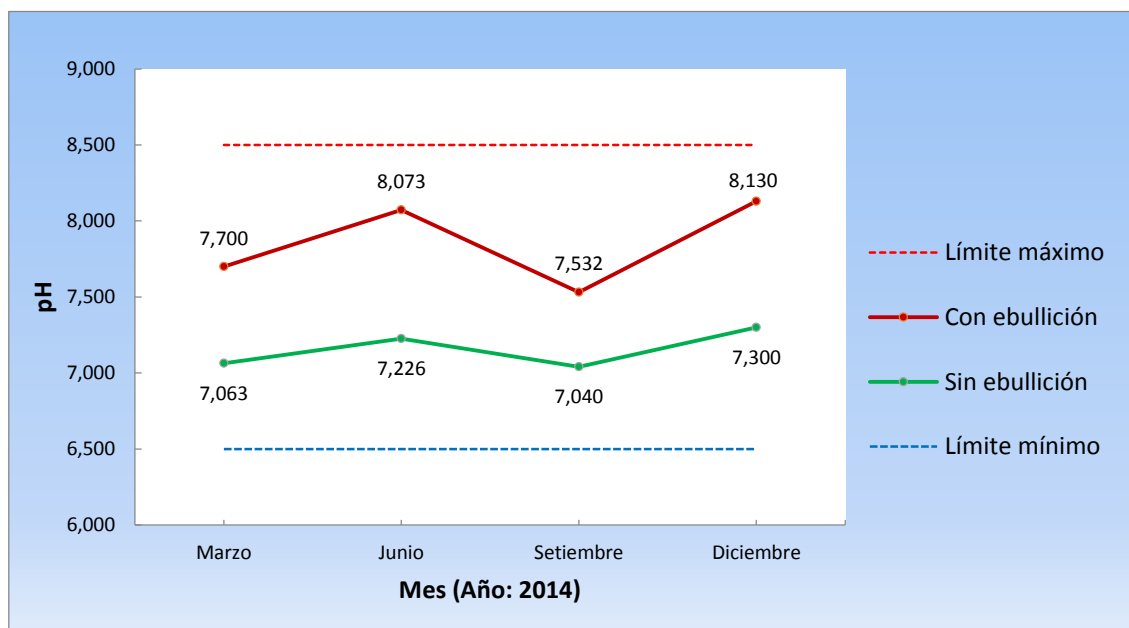


Figura 5.5: pH del agua de la zona San Martín

F. Cloruros

Se observa en la figura 5.6 que en las aguas subterráneas sin ebullición, la concentración de cloruros presenta un mínimo de 40,61 mg/L (diciembre) y un máximo de 48,43 mg/L (junio), con un promedio de 44,89 mg/L. En cuanto al agua subterránea con ebullición, ésta presenta un ligero incremento de concentración con un mínimo de 47,94 mg/L (marzo) y un máximo de 55,28 mg/L (setiembre), siendo el promedio de 50,14 mg/L.

Estas concentraciones distan bastante de las concentraciones encontradas en México; 5,47 mg/L en promedio (Pérez Moreno, 2003) y en Colombia; 8,89 mg/L en promedio (Caicebo Baron, 2011). El contenido de cloruros en los manantiales y pozos se debe a la desintegración de las rocas y al aporte de la lluvia en el transcurso del tiempo (Fernández, 2011), esto quiere decir que la concentración de cloruros en este tipo de agua, se da por la química del subsuelo. Ambas aguas subterráneas no superan los estándares de calidad ambiental para el agua de consumo humano de clase A1 (250), A2 (250) y A3 (250). La ebullición no es significativa para este parámetro, dado que su nivel de significación es 0,317 (tabla 5.14)

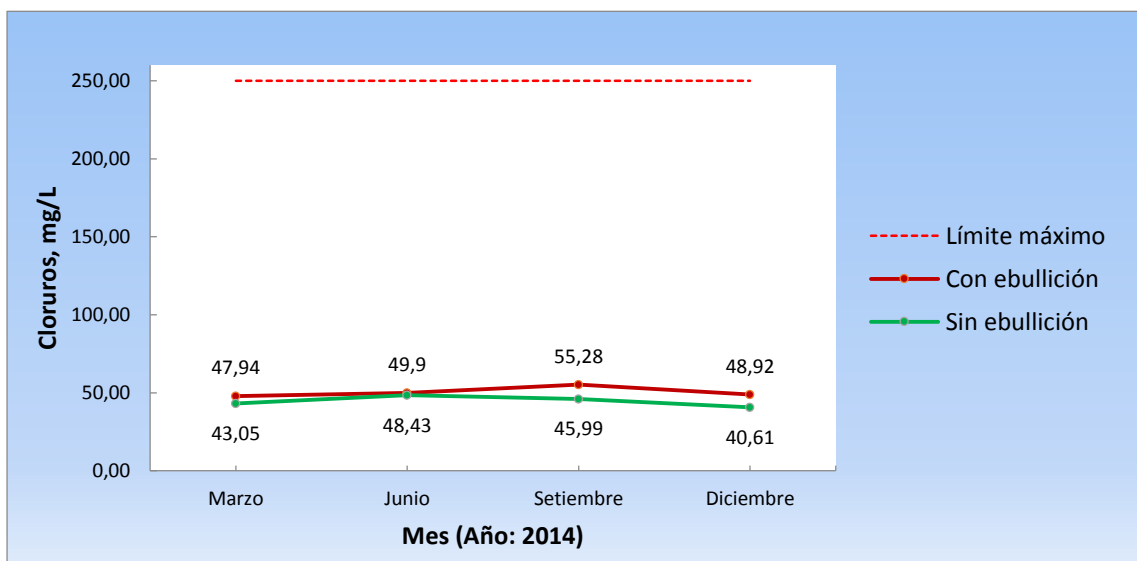


Figura 5.6: Cloruros del agua de la zona San Martín

G. Sulfatos

En la figura 5.7 observa que el agua subterránea sin ebullición varía de 25 mg/L en el mes de diciembre a 30 mg/L en los meses de marzo y setiembre, con un promedio de 28,5 mg/L. En cuanto al agua subterránea con ebullición, observamos que varía de 28 mg/L en el mes de diciembre a 43

mg/L en el mes de junio, con un promedio de 35,75 mg/L. Estos valores son parecidos a los encontrados en México, que están entre 19,03 mg/L a 49,9 mg/L (Pérez Moreno, 2003). Al igual que los cloruros la concentración de sulfatos depende de la química del subsuelo, rocas sulfatas como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la anhidrita (CaSO_4). Se observa que las aguas subterráneas con y sin ebullición, no superan los estándares de calidad ambiental para el agua de consumo humano de clase A1 (250), A2 (500) y A3 (**). La ebullición si es favorable para este parámetro según se corrobora en la tabla 5.14.

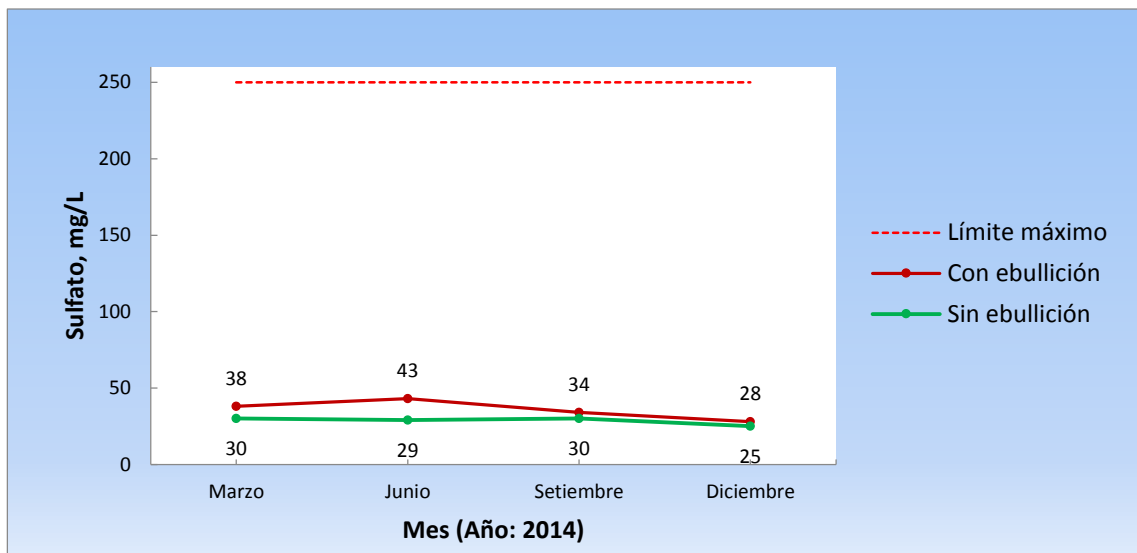


Figura 5.7: Sulfatos del agua de la zona San Martín

H. Dureza

Según se observa en la figura 5.8, en las aguas subterráneas sin ebullición, la concentración de la dureza tiene un mínimo de 242 mg/L en el mes de diciembre y un máximo de 284 mg/L en el mes de marzo, siendo el promedio de 263,25 mg/L. El agua subterránea con ebullición presenta un mínimo de 221 mg/L en diciembre y un máximo de 265 mg/L en junio,

siendo el promedio de 244,75 mg/L. Estos resultados dependen también de la química del subsuelo, siendo el principal aportante a la dureza del agua la roca caliza, que en su composición química está el carbonato cálcico (Fernández, 2011). Según la clasificación de OMS, es aguas son muy duras (apéndice A2) y de acuerdo a los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (500), A2 (**) y A3 (**), ambas aguas no superan éstos estándares. La ebullición es favorable porque disminuye la dureza y porque de acuerdo al tratamiento estadístico el nivel de significación es 0,046, según tabla 5.14.

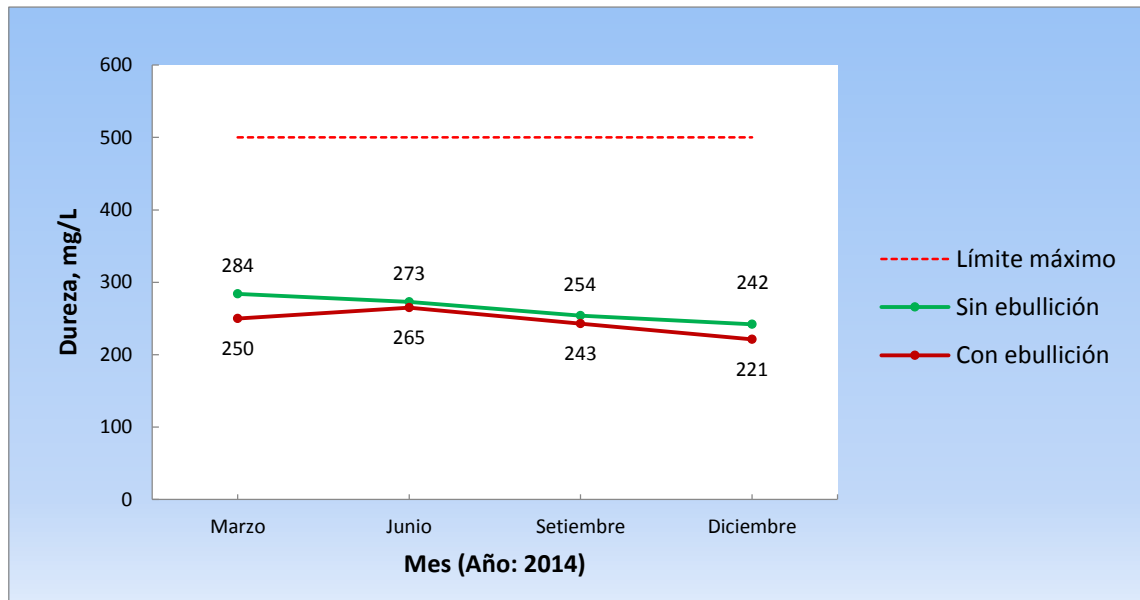


Figura 5.8: Dureza del agua de la zona San Martín

I. Nitratos

En la figura 5.9 observamos que el agua subterránea sin ebullición varía de 8,5 mg/L en el mes de setiembre a 12,9 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 10,0 mg/L. La concentración de nitratos está relacionado principalmente por las actividades agropecuarias y de

agricultura, por el uso de fertilizantes (Armas, 1996), éste ligero aumento de setiembre a diciembre probablemente se realice por la época de lluvias, que se da en esos meses, y que mediante la filtración, hacen que se incorporen más nitratos al agua subterránea. Los resultados obtenidos distan de las investigaciones realizadas en México, cuyo promedio de nitratos es 0,69 mg/L (Pérez Moreno, 2003) y de Colombia, cuyo promedio es 0,53 mg/L (Caicebo Barón, 2011); esta diferencia de concentraciones de nitratos realizadas en México y Colombia, se dan porque alrededor de las zonas de muestreo de las aguas subterráneas del presente estudio, se realizan actividades agropecuarias y de agricultura. El agua subterránea con ebullición varía de 24,1 mg/L en el mes de diciembre a 31,7 mg/L en el mes de setiembre, con un promedio de 28,72 mg/L. Ambas aguas no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (50) y A3 (50). La ebullición es favorable para éste parámetro, según la prueba de Friedman, mostrada en la tabla 5.14.

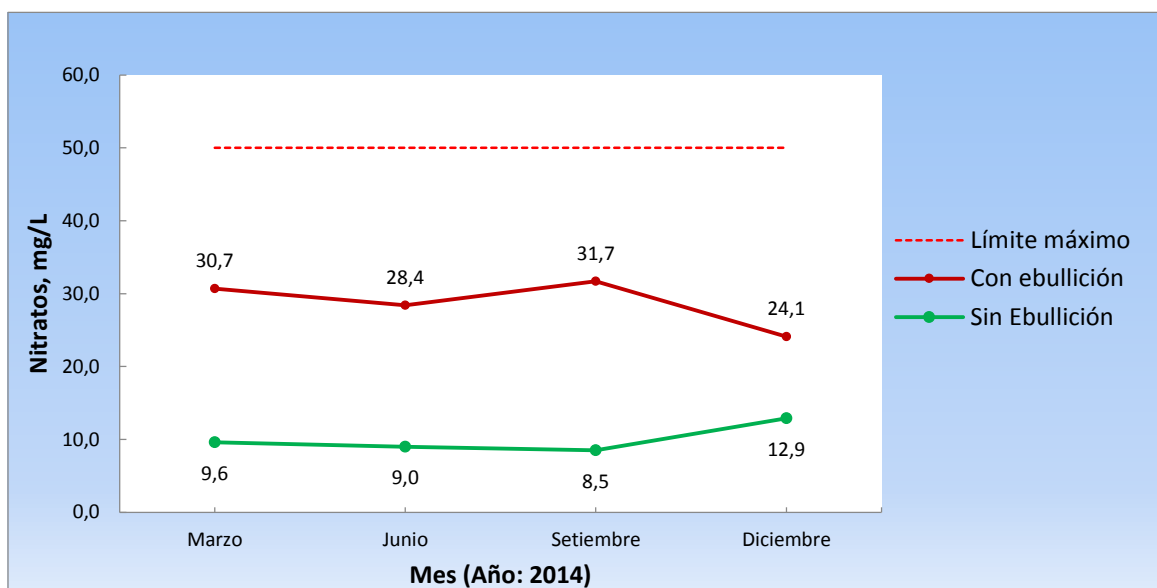


Figura 5.9: Nitratos del agua de la zona San Martín

J. Nitritos

Se observa en la figura 5.10 que la concentración de nitritos en el agua subterránea sin ebullición, tiene un mínimo de 0,009 mg/L en el mes de setiembre y un máximo de 0,012 mg/L en el mes de marzo, con un promedio de 0,011 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, tiene un mínimo de 0 mg/L en el mes de diciembre y un máximo de 0,009 mg/L en el mes de marzo, con un promedio de 0,006 mg/L. Estos resultados son similares a las investigaciones realizadas en México, cuyo promedio de nitratos es 0,001 mg/L (Pérez Moreno, 2003) y de Colombia, cuyo promedio es 0,002 mg/L (Caicebo Barón, 2011). Ambas aguas no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (3), A2 (3) y A3 (**). La ebullición es favorable para éste parámetro, según la prueba de Friedman, mostrada en la tabla 5.14.

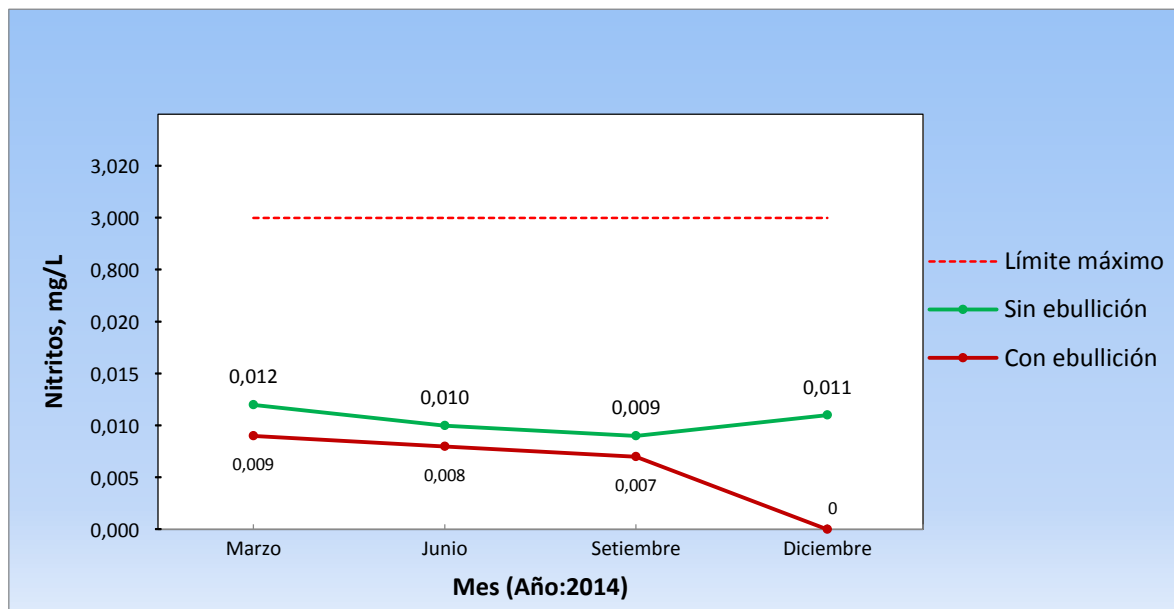


Figura 5.10: Nitritos del agua de la zona San Martín

K. Fosfatos

Como podemos observar en la figura 5.11, en el agua subterránea sin ebullición, la concentración de fosfatos, tiene un mínimo de 0,16 mg/L en diciembre y un máximo de 0,27 mg/L en los meses de marzo, junio y setiembre, con una media de 0,24 mg/L. La incorporación de fosfatos al agua se da por: disolución de rocas y minerales fosfatadas, por el lavado de suelos que contienen restos de actividades ganaderas y agrícolas; y por aguas residuales domésticas vertidas a las aguas naturales (Marín, 2003), esto quiere decir que probablemente la alta concentración de fosfatos en el agua subterránea sin ebullición se dé por la disolución de rocas y minerales fosfatadas y por la actividad ganadera y agrícola. En la investigación realizada en Colombia (Caicebo Barón, 2011), por las diferentes actividades agrícolas, se encontró que la concentración promedio de fosfatos era de 0,58 mg/L, el cual es muy similar al del presente trabajo. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de fosfatos tiene un mínimo de 0,06 mg/L en el mes de setiembre y un máximo de 0,15 mg/L en el mes de marzo, con un promedio de 0,12 mg/L. La concentración de fosfatos en ambas aguas con y sin ebullición están por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,1), A2 (0,15) y A3 (0,15), a excepción del agua subterránea con ebullición en el mes de setiembre. De acuerdo al tratamiento estadístico de la prueba dada de Friedman, la ebullición no es favorable porque presente una significación de 0,317 que es menor al p-valor (tabla 5.14).

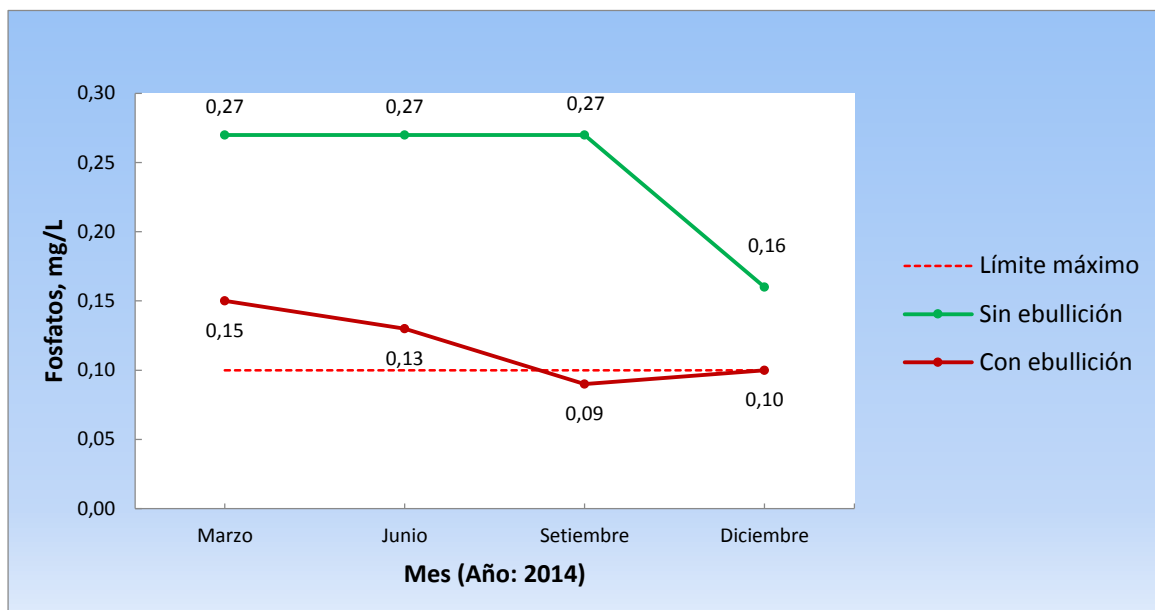


Figura 5.11: Fosfatos del agua de la zona San Martín

L. Hierro

En la figura 5.12 se observa que en el agua subterránea sin ebullición, la concentración de hierro varía de 0 mg/L, en el mes de marzo y setiembre, a 0,514 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 0,304 mg/L. Estas concentraciones son similares a las encontradas en el estudio realizado en Colombia (Caicebo Barón, 2011), cuyo promedio es 0,24 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de hierro varía de 0 mg/L, en marzo y setiembre, a 0,351 mg/L en diciembre, con un promedio de 0,21 mg/L. La concentración de hierro en el agua se da por la fácil solución de éste en el agua, a través de las rocas ígneas que hay en el subsuelo (Fernández, 2011). La elevada concentración de hierro que se presenta en el mes de diciembre se dio probablemente, porque en esa fecha, se estuvieron haciendo trabajos de movimiento de tierras en pozo de agua subterránea muy cerca del agua subterránea estudiada. Sólo en el mes

diciembre, las aguas subterráneas con y sin ebullición superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,3), A2 (1) y A3 (5). La ebullición es favorable para este parámetro, según la prueba estadística dada en la tabla 5.14.

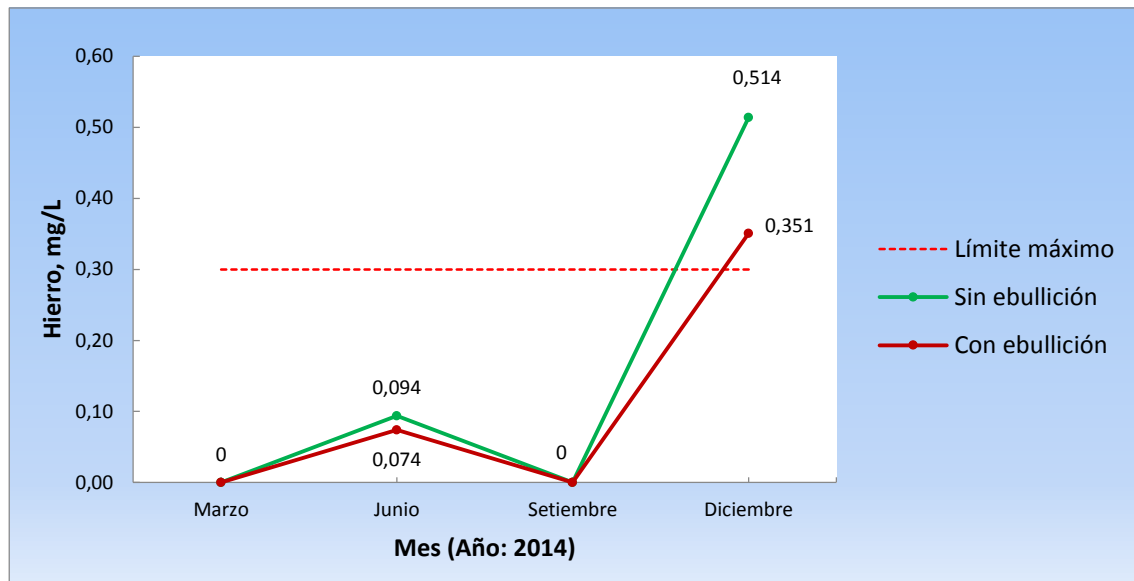


Figura 5.12: Hierro del agua de la zona San Martín

M. Cinc

Como se observa en la figura 5.13, el agua subterránea sin ebullición, presenta un mínimo de 0 mg/L, en el mes de marzo y setiembre, y un máximo de 0,074 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 0,060 mg/L. Las concentraciones son similares a las encontradas en el estudio realizado en México (Pérez Moreno, 2003), cuyo promedio es 0,10 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de cinc varía de 0 mg/L, en marzo y setiembre, a 0,048 mg/L en diciembre, con un promedio de 0,039 mg/L. Al igual que el hierro, el cinc se incorpora al agua por los minerales que contienen cinc (Fernández, 2011). Ambas aguas con y sin

ebullición no superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,3), A2 (5) y A3 (5). Para éste parámetro, la ebullición es favorable, según prueba de Friedman, dada en la tabla 5.14.

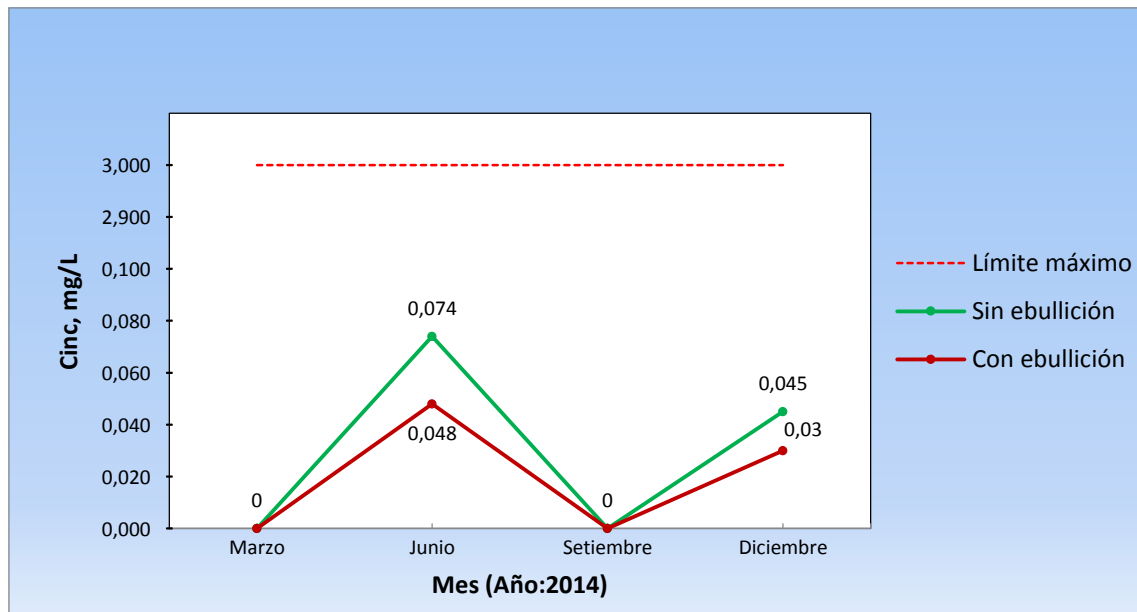


Figura 5.13: Cinc del agua de la zona San Martín

N. Coliformes totales

Como podemos observar en el gráfico 5.14, el agua subterránea sin ebullición sólo presentó una concentración de 9 NMP/100 mL en el mes de junio y en los demás meses no presenta coliformes totales. El subterránea con ebullición no presenta concentración de coliformes totales. Los coliformes son indicadores biológicos de contaminación, a través de descargas de materia orgánica. La presencia de estos en el agua se considera como un índice evidente de contaminación (Romero, 2001). La presencia de coliformes totales se debe probablemente a las filtraciones de materia orgánica de los pozos sépticos que hay alrededor

de la ciudad. Ambas aguas subterráneas con y sin ebullición no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (5 000) y A3 (50 000). La ebullición no es favorable para este parámetro, porque su nivel de significación es 0,317 que es mayor al p-valor (tabla 5.15).

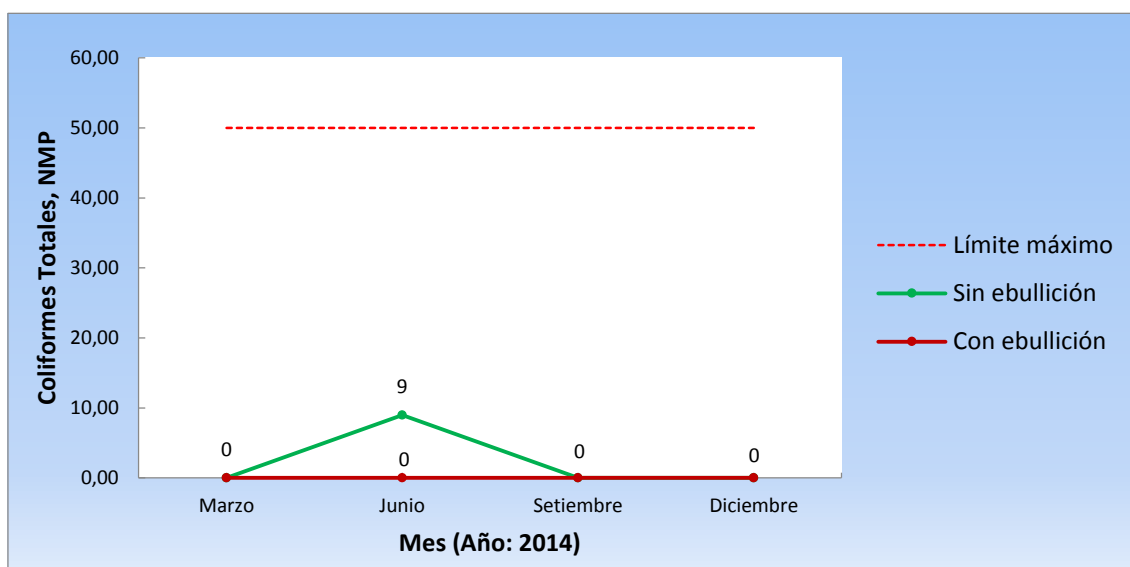


Figura 5.14: Coliformes totales del agua de la zona San Martín

II. Agua subterránea de la zona Ajoscancha Baja

Estas aguas son bicarbonatadas cálcicas sin ebullición y sulfatadas y cloruradas cálcicas con ebullición, como se muestra en el apéndice A.4 en los diagramas de Piper Hill 3 y 4. En las figuras 5.15, 5.16 y 5.17 se muestran los datos experimentales de los análisis físicos; en las figuras 5.18 a 5.27 se muestran los datos experimentales de los análisis químicos y en la figura 5.28 los datos experimentales de los análisis bacteriológicos.

A. Temperatura

Como podemos observar en la figura 5.15, la temperatura del agua subterránea sin ebullición tiene un mínimo de 18,9 °C en el mes de marzo y un máximo de 20,9 °C en el mes de setiembre; con un promedio de 19,9 °C, la variación del promedio mensual anual es de 0,55 °C ($\Delta 0,55$); esta agua subterránea no supera el estándar nacional de calidad del agua para consumo humano clase A1 ($\Delta 3$), A2 ($\Delta 3$) y A3 (**). La temperatura muestra un incremento de marzo a setiembre, cambiando de 18,9 °C (marzo) a 20,9 °C (setiembre), en forma similar a lo ocurrido con la muestra de agua subterránea de la zona San Martín, ésta sufre un ligero calentamiento del subsuelo en esos meses, para luego bajar a 20 °C en el mes de diciembre. Estos valores son similares a los encontrados en Colombia que varían de 18,0 °C a 19,5 °C (Caicedo Barón, 2011).

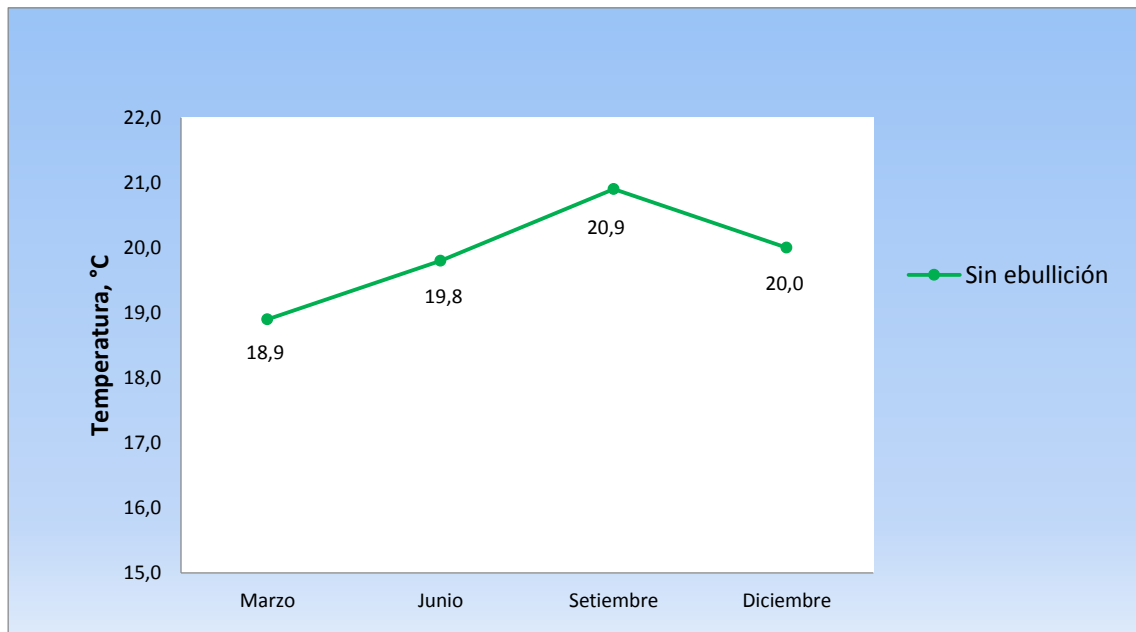


Figura 5.15: Temperatura del agua de la zona Ajoscancha Baja

B. Conductividad

Se observa en la figura 5.16, que la conductividad del agua sin ebullición varía de 1 006 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (setiembre) a 1 040 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (junio), siendo el promedio de 1 021,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad del agua con ebullición varía de 579 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (diciembre) a 732 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (setiembre), el cual tiene una media de 681 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores superan a los encontrados durante la investigación realizada en México, que varían de 383 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 639 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Pérez Moreno, 2003) Ambas aguas no superan los estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (1 500), A2 (1 600) y A3 (**). La conductividad de las aguas subterráneas disminuye cuando son sometidas a ebullición, el cual es favorable, este hecho se corrobora estadísticamente cuando se aplica la prueba de Friedman, la cual establece que existe una diferencia significativa entre la conductividad de las aguas subterráneas con ebullición y la de las aguas sin ebullición, los resultados se muestran en la tabla 5.16.

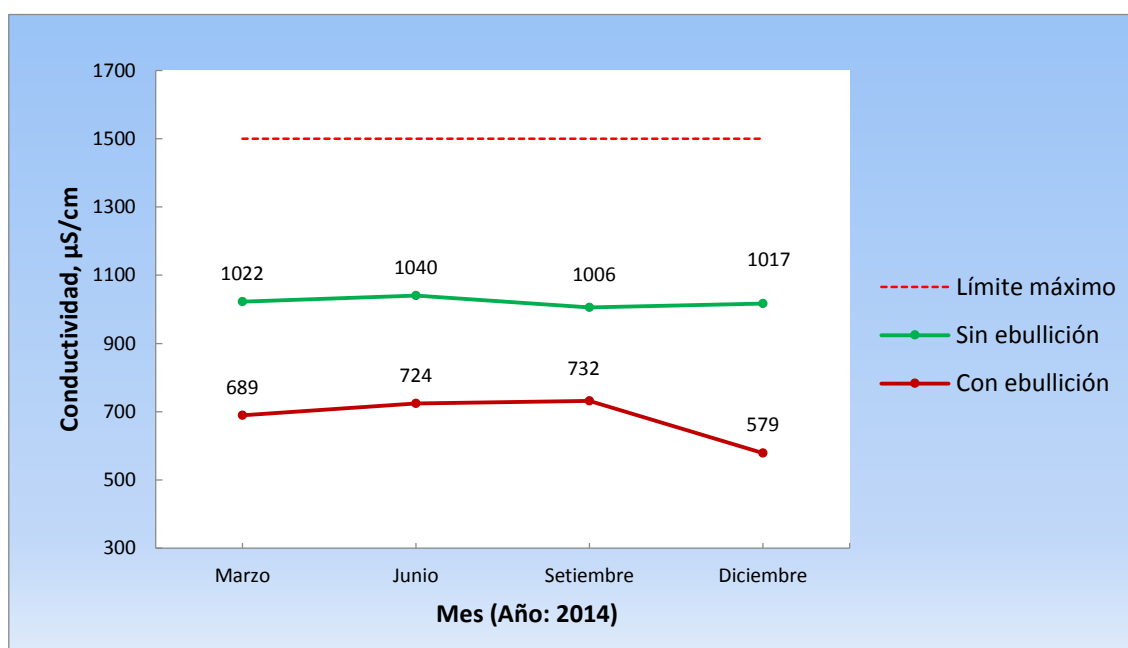


Figura 5.16: Conductividad del agua de la zona Ajoscancha Baja

C. Sólidos disueltos totales

Como se aprecia en el gráfico 5.17 la variación de sólidos disueltos totales en el agua subterránea sin ebullición es de 724 mg/L (setiembre) a 749 mg/L (junio), con un promedio de 735,25 mg/L. En las aguas subterráneas de con ebullición la concentración varía de 417 mg/L (diciembre) a 527 mg/L (setiembre), con una media de 490,25 mg/L. En forma similar a la conductividad, en el agua subterránea sin ebullición, en el mes de junio se observa un ligero aumento de la concentración de sólidos disueltos totales y en el mes de setiembre un ligero descenso, estos valores distan de los encontrados en México, que varían de 188 mg/L a 317 mg/L. El agua subterránea con y sin ebullición, no supera los estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (1 000), A2 (1 000) y A3 (1 500) para éste parámetro. La ebullición es favorable, porque la prueba de Friedman da una significación de 0,046 (tabla 5.16).

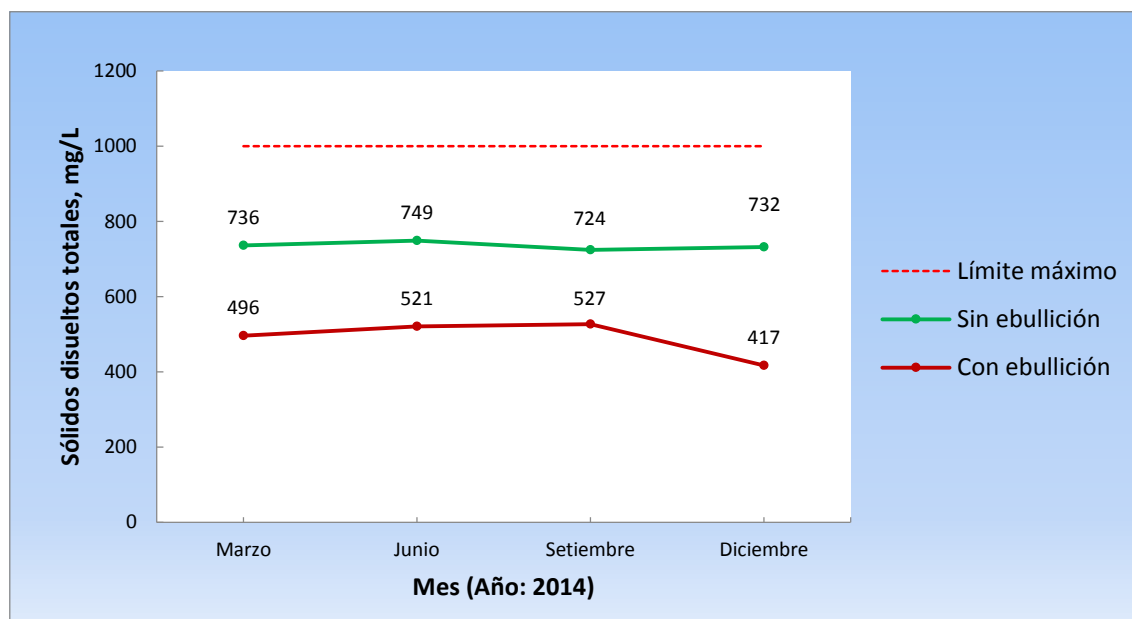


Figura 5.17: Sólidos disueltos totales del agua de la zona Ajoscancha Baja

D. Oxígeno disuelto

Apreciamos en la figura 5.18 que la concentración de oxígeno disuelto del agua subterránea sin ebullición está entre 6,90 mg/L (18,9 °C), en el mes de marzo y 6,23 mg/L (20,9 °C), en el mes de setiembre, con una media de 6,52 mg/L. La concentración de oxígeno disuelto en el agua subterránea con ebullición varía de 5,97 mg/L (27,9 °C) a 6,19 mg/L (20,1 °C), en el mes de diciembre con un promedio de 6,05 mg/L. Estos valores son parecidos a los encontrados en México, cuyos valores varían de 4,60 mg/L a 6,90 mg/L (Pérez Moreno, 2003), En el mes de setiembre se observa que la concentración de oxígeno disuelto en el agua con ebullición, no supera límite mínimo de los estándares nacionales de calidad del agua para consumo humano clase A1 (≥ 6), pero si supera las clases A2 (≥ 6) y A3 (≥ 4). Esto puede ser porque la temperatura a la que se hizo el análisis, estaba ligeramente elevada con respecto a las demás temperaturas en las cuales se realizó el análisis. La ebullición es favorable para este parámetro (tabla 5.17).

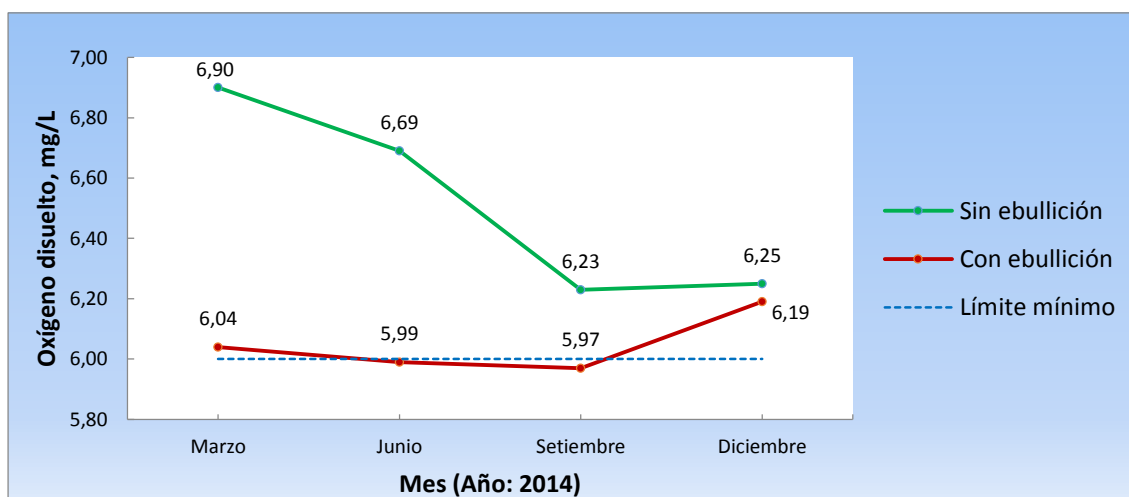


Figura 5.18: Oxígeno disuelto del agua de la zona Ajoscancha Baja

E. pH

Se aprecia en la figura 5.18, que el agua subterránea sin ebullición varía con un mínimo de 7,010 (marzo) a un máximo de 7,150 (junio); con una media de 7,080. Al igual que las aguas subterráneas de la zona San Martín, estos valores también concuerdan con los encontrados en México, que están entre 7 – 8 unidades de pH (Pérez Moreno, 2003). Las aguas subterráneas con ebullición presentan un ligero incremento de pH variando de un mínimo de 7,474 (setiembre) a un máximo de 8,130 (diciembre), con un promedio de 8,170. También, de forma similar a las aguas subterráneas de la zona San Martín, aquí se observa que el pH aumenta después de la ebullición. Estadísticamente la ebullición es favorable en ambas aguas subterráneas, siendo su nivel de significación 0,046, como se observa en la tabla 5.17.

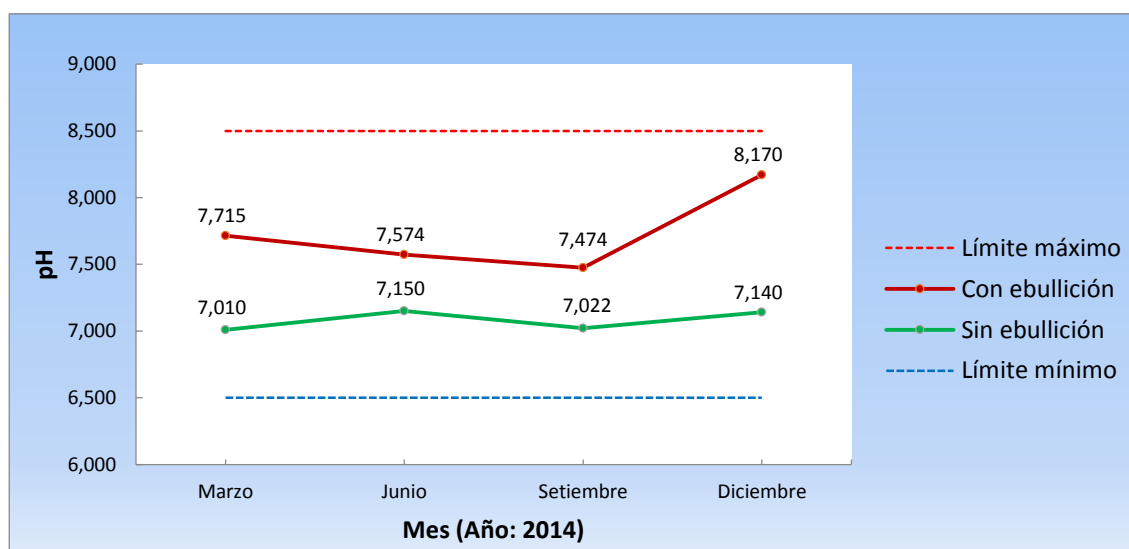


Figura 5.19: pH del agua de la zona Ajoscancha Baja

F. Cloruros

Como se observa en la figura 5.20, las aguas subterráneas sin ebullición, presentan un mínimo de 65,56 mg/L (junio) y un máximo de 72,41 mg/L

(marzo), con un promedio de 73,02 mg/L. En cuanto al agua subterránea con ebullición, ésta también presenta un ligero incremento de concentración con respecto a la zona San Martín, siendo su mínimo de 73,88 mg/L (setiembre) y su máximo de 79,25 mg/L (marzo), siendo el promedio de 72,41 mg/L. Estas concentraciones, también distan bastante de las concentraciones encontradas en México; 5,47 mg/L en promedio (Pérez Moreno, 2003) y en Colombia; 8,89 mg/L en promedio (Caicebo Baron, 2011). Ambas aguas subterráneas no superan los estándares de calidad ambiental para el agua de consumo humano de clase A1 (250), A2 (250) y A3 (250). La ebullición no es significativa para este parámetro, dado que su nivel de significación es 0,317 (tabla 5.17)

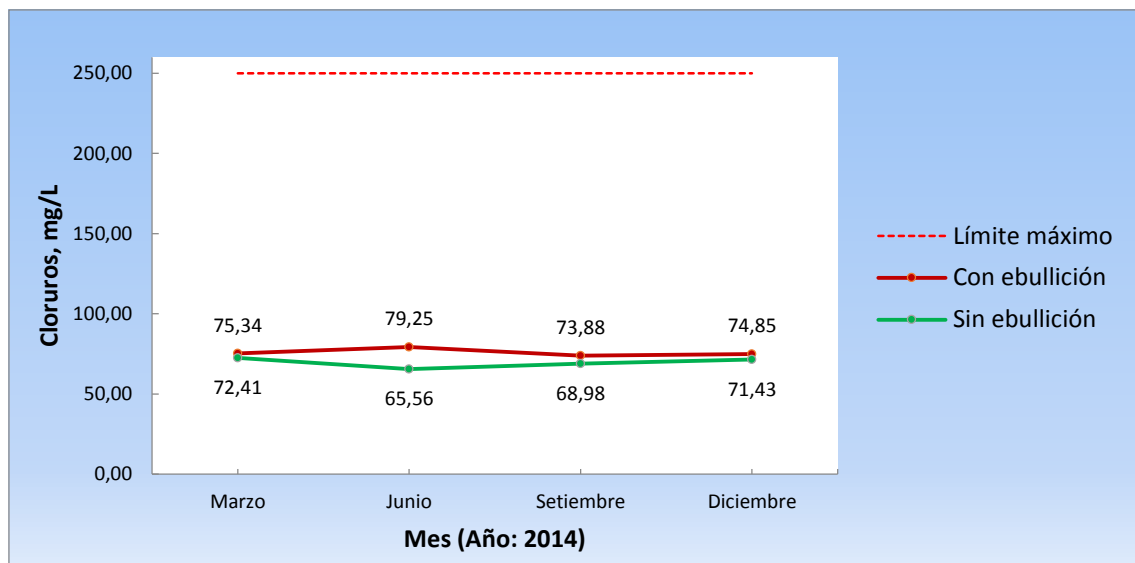


Figura 5.20: Cloruros del agua de la zona Ajoscancha Baja

G. Sulfatos

En la figura 5.21, se aprecia que el agua subterránea sin ebullición varía de 52 mg/L en el mes de diciembre a 60 mg/L en el mes de marzo, con un promedio de 55,75 mg/L. En cuanto al agua subterránea con ebullición,

observamos que varía de 57 mg/L en el mes de setiembre, a 63 mg/L en los meses de marzo y diciembre, con un promedio de 61 mg/L. Estos valores son parecidos a los encontrados en México, que están entre 19,03 mg/L a 49,9 mg/L (Pérez Moreno, 2003). Del mismo modo que las aguas subterráneas de la zona San Martín, los sulfatos, aumentan después de la ebullición. Se observa que las aguas subterráneas con y sin ebullición, no superan los estándares de calidad ambiental para el agua de consumo humano de clase A1 (250), A2 (500) y A3 (**). La ebullición si es favorable para este parámetro según se corrobora en la tabla 5.17.

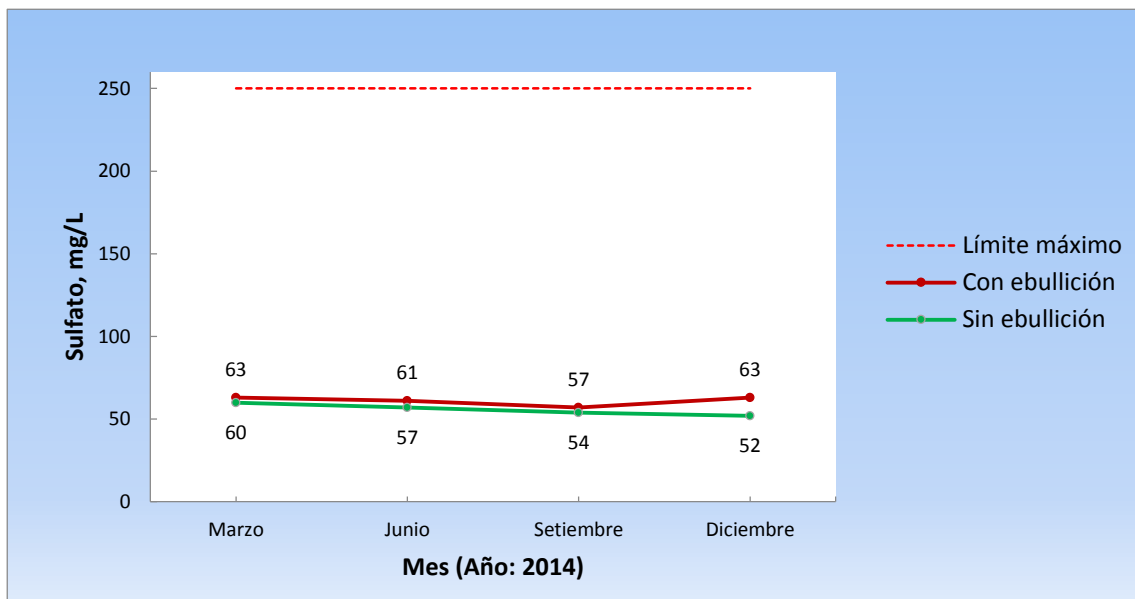


Figura 5.21: Sulfatos del agua de la zona Ajoscancha Baja

H. Dureza

Según se observa en la figura 5.22, en las aguas subterráneas sin ebullición, la concentración de la dureza tiene un mínimo de 247 mg/L en el mes de diciembre y un máximo de 290 mg/L en el mes de marzo, siendo el promedio de 266,25 mg/L. El agua subterránea con ebullición presenta un mínimo de

230 mg/L en diciembre y un máximo de 264 mg/L en junio, siendo el promedio de 245,75 mg/L. De acuerdo a estos datos, se puede decir que, el subsuelo de esta zona también es de roca caliza. Estos resultados son parecidos a los encontrados en México, cuyo promedio es 275,3 mg/L (Pérez Moreno, 2003). De acuerdo a los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (500), A2 (***) y A3 (**), ambas aguas no superan éstos estándares. La ebullición es favorable porque disminuye la dureza y porque de acuerdo al tratamiento estadístico el nivel de significación es 0,046, según tabla 5.17.

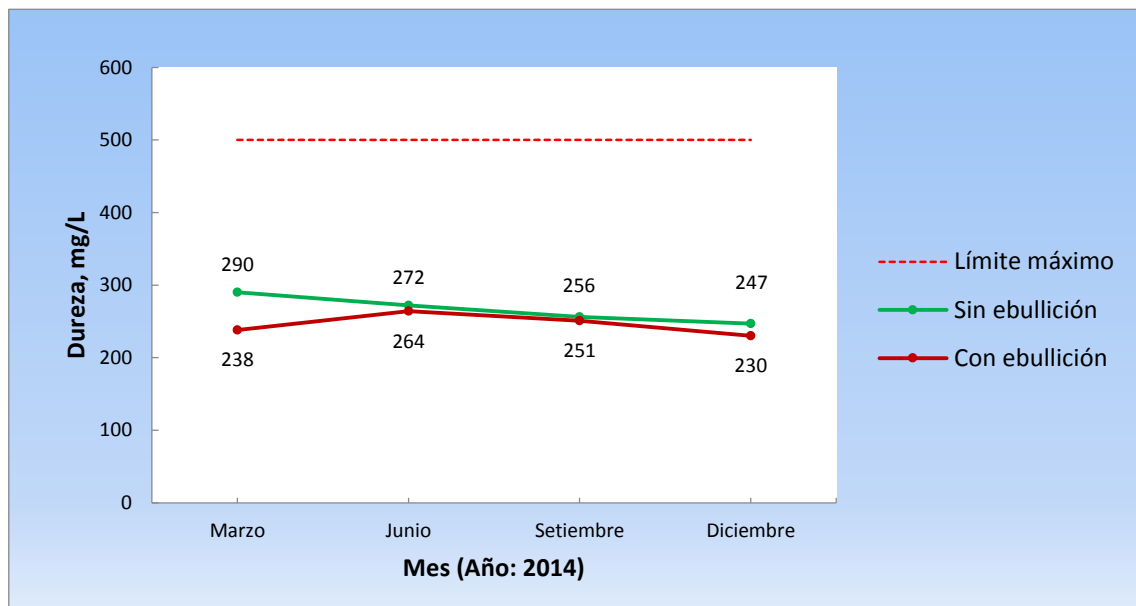


Figura 5.22: Dureza del agua de la zona Ajoscancha Baja

I. Nitratos

En la figura 5.23 se aprecia que el agua subterránea sin ebullición varía de ,5 mg/L en los meses de marzo y setiembre a 13,1 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 8,5 mg/L. Los resultados obtenidos, también distan de las investigaciones realizadas en México, cuyo promedio de nitratos es 0,69

mg/L (Pérez Moreno, 2003) y de Colombia, cuyo promedio es 0,53 mg/L (Caicebo Barón, 2011); La concentración de nitratos en esta zona de muestreo es ligeramente mayor al de la zona San Martín, porque el agua subterránea de en la zona Ajoscancha Baja se encuentra influenciado directamente por actividades agropecuarias y de agricultura. El agua subterránea con ebullición varía de 23,5 mg/L en el mes de diciembre a 42,6 mg/L en los meses de marzo y junio, con un promedio de 37,22 mg/L. Ambas aguas no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (50) y A3 (50). La ebullición es favorable para éste parámetro, según la prueba de Friedman, cuyos resultados se muestran en la a tabla 5.17.

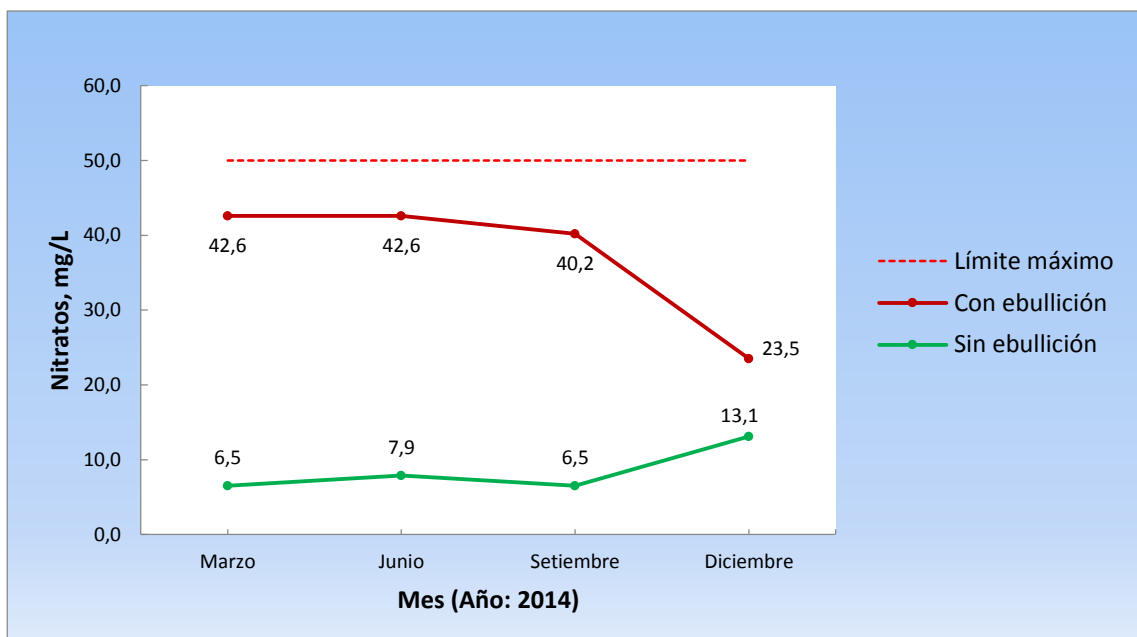


Figura 5.23: Nitratos del agua de la zona Ajoscancha Baja

J. Nitritos

Se aprecia en la figura 5.24 que la concentración de nitritos en el agua subterránea sin ebullición, tiene un mínimo de 0,011 mg/L en el mes de diciembre y un máximo de 0,015 mg/L en el mes de marzo, con un promedio

de 0,013 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, tiene un mínimo de 0,010 mg/L en el mes de diciembre y un máximo de 0,010 mg/L en los meses de junio y setiembre, con un promedio de 0,008 mg/L. Estos resultados también son similares a las investigaciones realizadas en México, cuyo promedio de nitratos es 0,001 mg/L (Pérez Moreno, 2003) y de Colombia, cuyo promedio es 0,002 mg/L (Caicebo Barón, 2011). Ambas aguas no superan los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (3), A2 (3) y A3 (**). La ebullición es favorable para éste parámetro, según la prueba de Friedman, mostrada en la tabla 5.17.

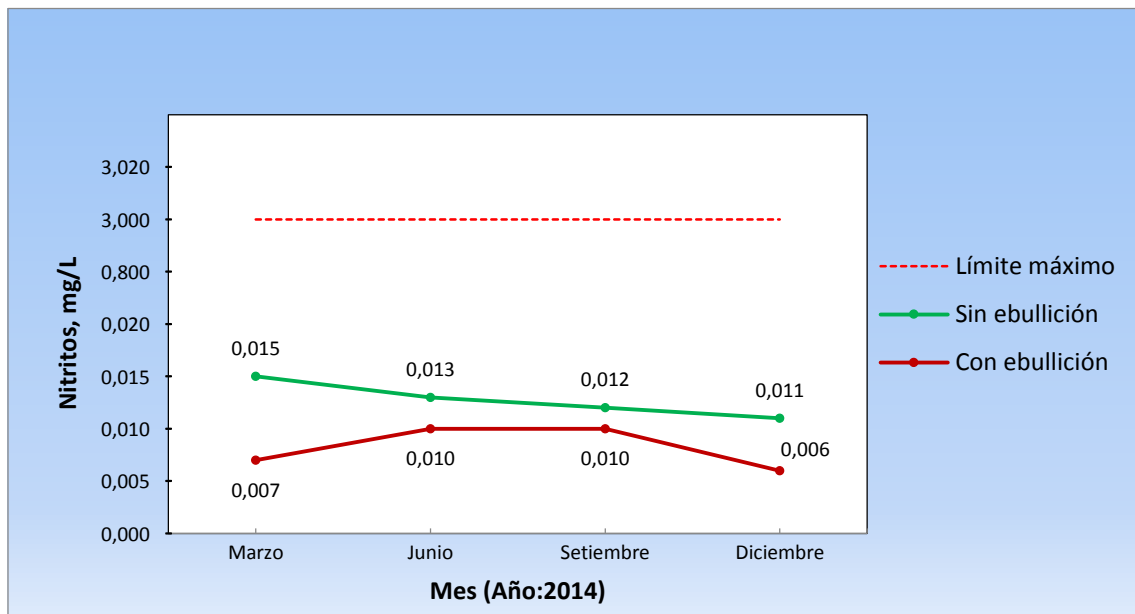


Figura 5.24: Nitritos del agua de la zona Ajoscancha Baja

K. Fosfatos

Como se puede apreciar en la figura 5.25, en el agua subterránea sin ebullición, la concentración de fosfatos, tiene un mínimo de 0,18 mg/L en diciembre y un máximo de 0,27 mg/L en los meses de marzo, junio y

setiembre, con una media de 0,25 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de fosfatos tiene un mínimo de 0,10 mg/L en los meses de junio y setiembre y un máximo de 0,13 mg/L en el mes de marzo, con un promedio de 0,12 mg/L. La concentración de fosfatos en ambas aguas con y sin ebullición están por encima de los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,1), A2 (0,15) y A3 (0,15). De acuerdo al tratamiento estadístico de Friedman, la ebullición no es favorable porque presente una significación de 0,317 (tabla 5.17).

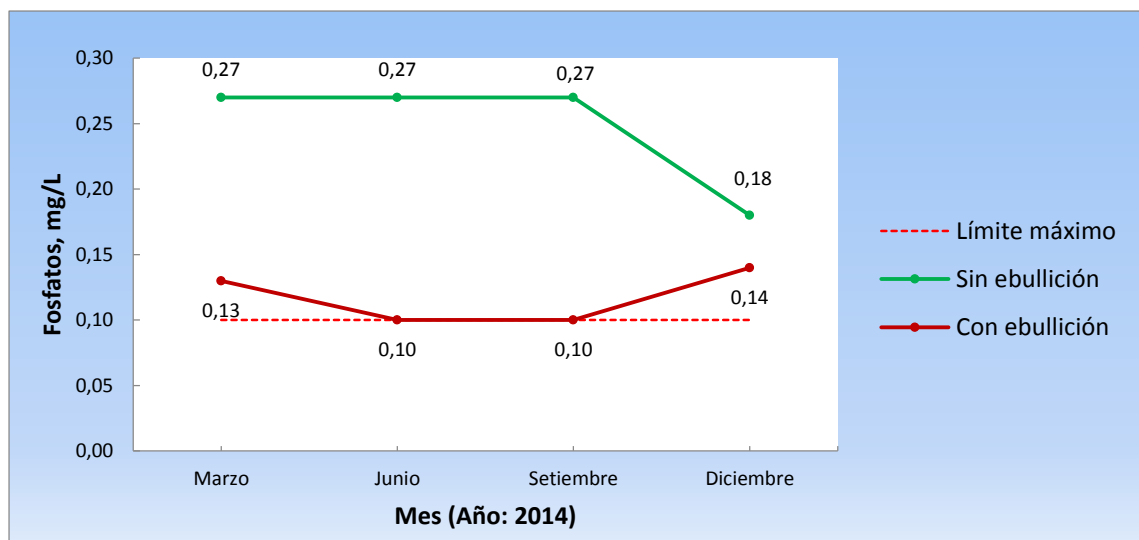


Figura 5.25: Fosfatos del agua de la zona Ajoscancha Baja

L. Hierro

En la figura 5.26 se observa que en el agua subterránea sin ebullición, la concentración de hierro varía de 0 mg/L, en el mes de marzo y setiembre, a 0,236 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 0,124 mg/L. Estas concentraciones también son similares a las encontradas en el estudio realizado en Colombia (Caicebo Barón, 2011), cuyo promedio es 0,24 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de hierro varía de 0

mg/L, en marzo y setiembre; a 0,185 mg/L en diciembre, con un promedio de 0,049 mg/L. Las aguas subterráneas con y sin ebullición no superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,3), A2 (1) y A3 (5). La ebullición es favorable para este parámetro, según la prueba estadística dada en la tabla 5.14.

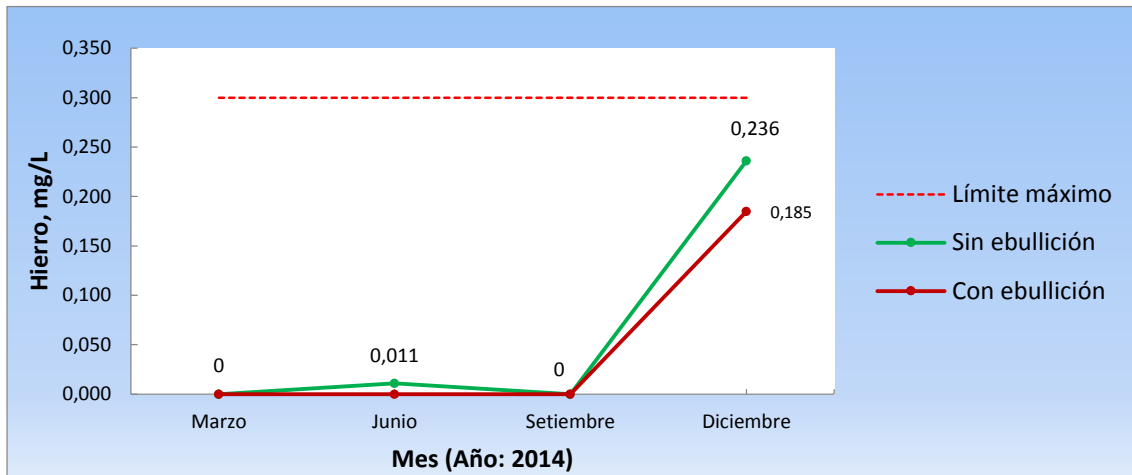


Figura 5.26: Hierro del agua de la zona Ajoscancha Baja

M. Cinc

Como se observa en la figura 5.27, el agua subterránea sin ebullición, presenta un mínimo de 0 mg/L, en el mes de marzo y setiembre, y un máximo de 0,047 mg/L en el mes de diciembre, con un promedio de 0,019 mg/L. Las concentraciones también son parecidas a las encontradas en el estudio realizado en México (Pérez Moreno, 2003), cuyo promedio es 0,10 mg/L. En el agua subterránea con ebullición, la concentración de cinc varía de 0 mg/L, en marzo y setiembre, a 0,030 mg/L en diciembre, con un promedio de 0,014 mg/L. La concentraciones de cinc son similares a las encontradas en la zona de San Martín. Ambas aguas con y sin ebullición no superan los estándares nacionales de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (0,3), A2 (5) y

A3 (5). Para éste parámetro, la ebullición es favorable, según la prueba de Friedman, dada en la tabla 5.17.

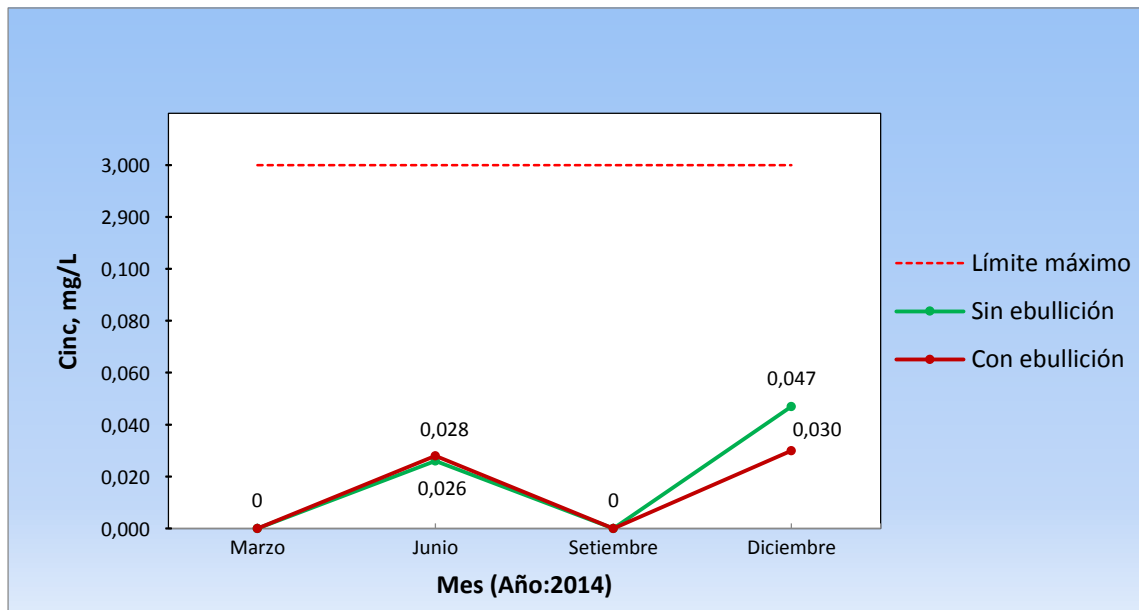


Figura 5.27: Cinc del agua de la zona Ajoscancha Baja

N. Coliformes totales

En el gráfico 5.14 se observa que, el agua subterránea sin ebullición presenta una concentración mínima de 7 NMP/100 mL y una máxima de 70 NMP/100 mL. En ésta zona, la presencia de coliformes totales se debe probablemente a que hay de animales menores rodeando el pozo de agua subterránea y también a la poca profundidad en la que éste se encuentra. El agua subterránea con ebullición no presenta concentraciones de coliformes totales. Sólo el agua subterránea sin ebullición en el mes de diciembre supera los estándares de calidad ambiental del agua para consumo humano clase A1 (50), A2 (5 000) y A3 (50 000). La ebullición es favorable para este parámetro, porque su nivel de significación es 0,046 (tabla 5.18).

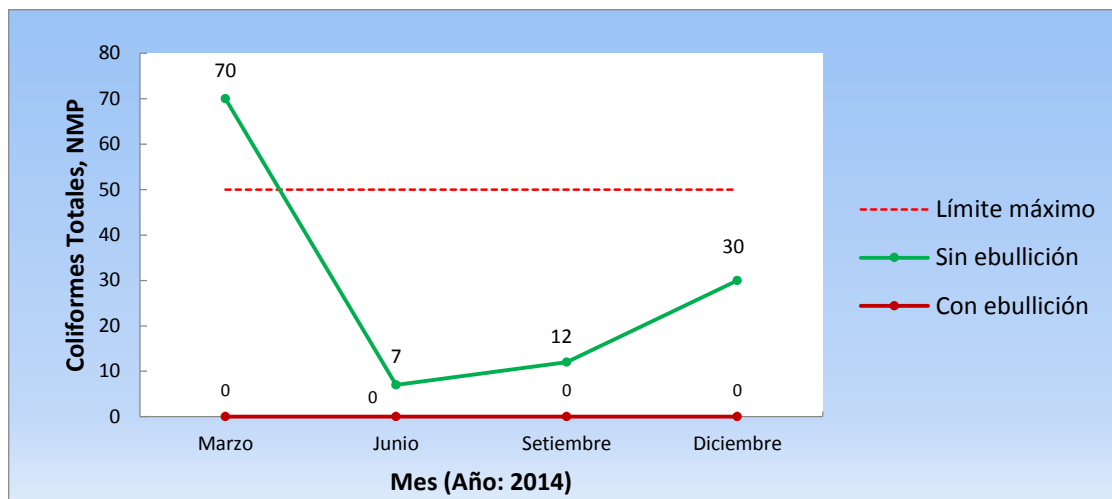


Figura 5.28: Coliformes totales del agua de la zona Ajoscancha Baja

5.2.2. Relación de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con la ebullición

En cuanto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos que fueron sometidos a ebullición, no existen trabajos desarrollados como el presente, lo cual, no permite realizar las comparaciones; pero sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos se ha hecho una comparación de los parámetros fisicoquímicos con y sin ebullición, lo cual se muestra a continuación.

I. Conductividad, sólidos disueltos totales y sólidos disueltos totales

En la figura 5.29 se observa que la conductividad y los sólidos disueltos totales son mayores en la zona de Ajoscancha Baja, en cuanto a la dureza, los valores son similares para ambas zonas, se aprecia de la misma manera que en todos los meses la conductividad, los sólidos disueltos totales y la dureza de las aguas subterráneas de ambas zonas, bajan su concentración después de la ebullición, esto es debido a que la conductividad y los sólidos disueltos totales están en relación directa y precipitan cuando se eleva la

temperatura. Normalmente los sólidos totales disueltos son iguales al producto de la conductividad, en $\mu\text{mho/cm}$, por un factor que oscila entre de 0,55 y 0,70. Dicho factor depende de los iones en solución y de la temperatura del agua (Romero, 1999). Los iones en solución de calcio y magnesio (dureza) forman sus respectivos carbonatos que precipitan con la ebullición, haciendo esto que disminuya la su concentración y por ende disminuye la dureza del agua.

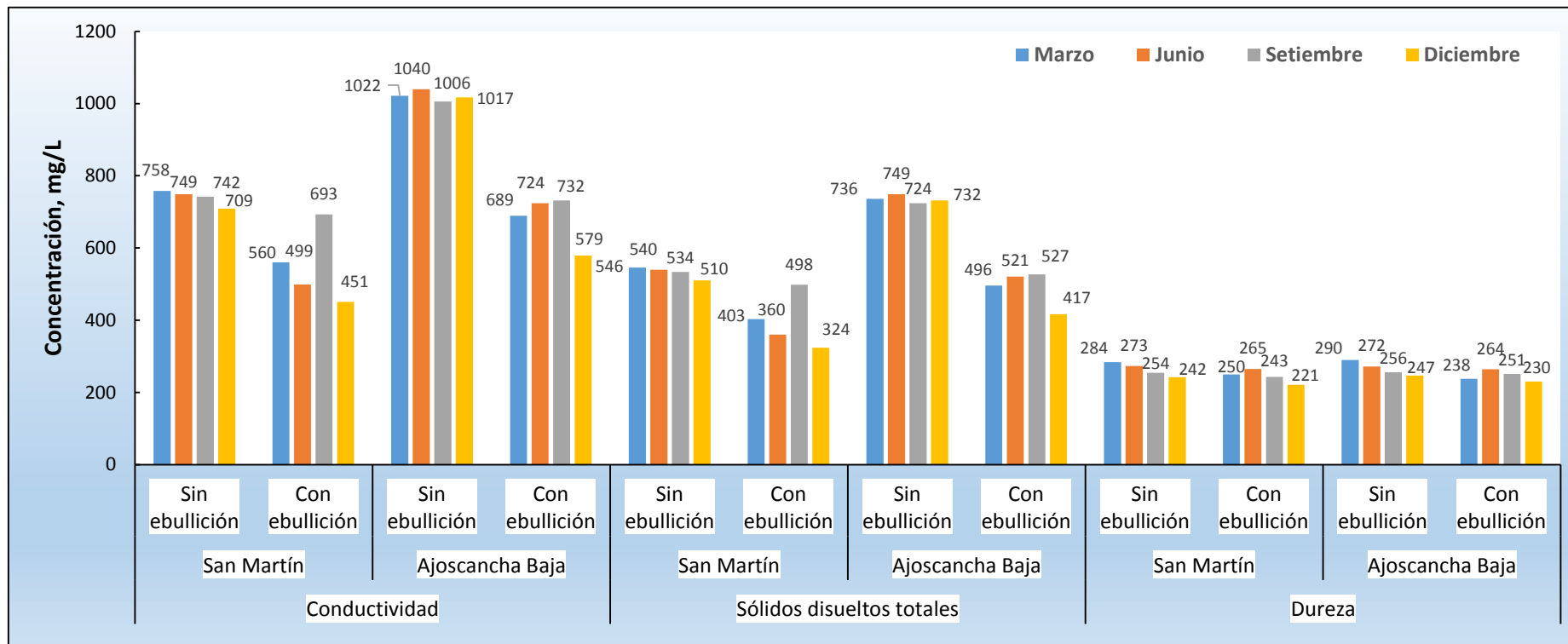


Figura 5.29: Conductividad y sólidos disueltos totales después de la ebullición

II. Oxígeno disuelto y pH

En la figura 5.30 se observa que el pH y el oxígeno disuelto tienen valores similares en ambas zonas, tanto con y sin ebullición. Se aprecia además que el pH aumenta después de la ebullición en ambas zonas de muestreo. Los gases disminuyen su solubilidad con el aumento de la temperatura; en la ebullición se eliminan los gases dióxido de carbono y oxígeno; el dióxido de carbono le da acidez al agua, porque en ella forma el ácido carbónico y como se elimina, hace que aumente el pH; por otro lado el oxígeno disuelto disminuye por que éste se ha eliminado.

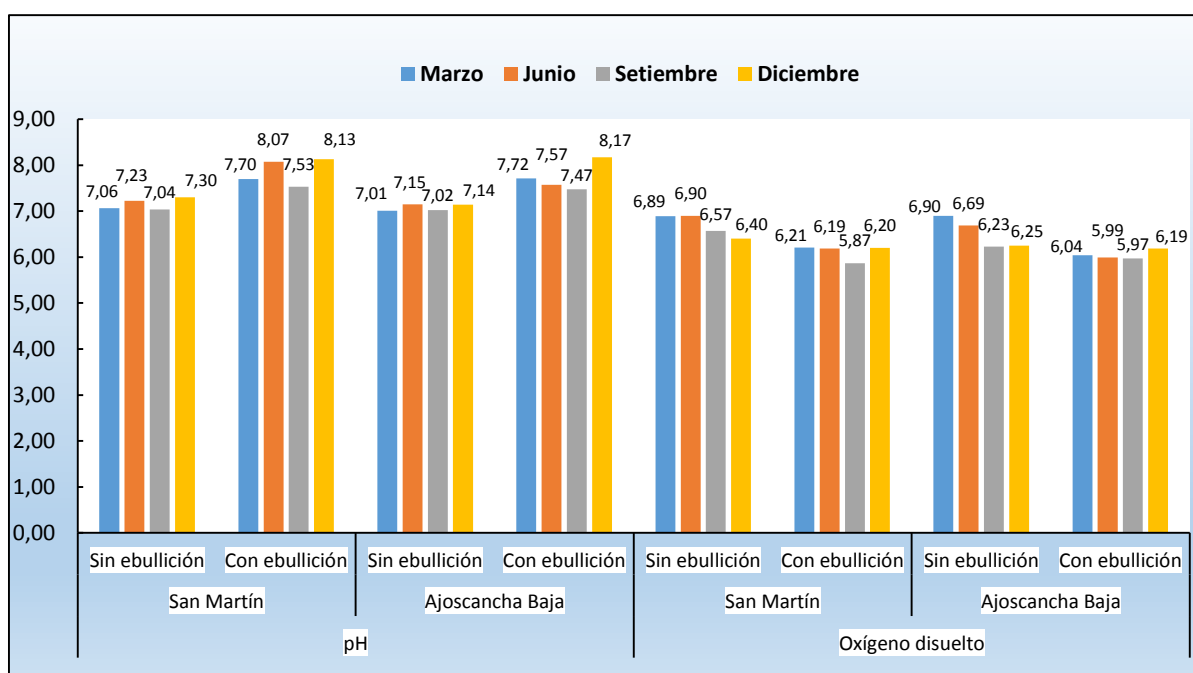


Figura 5.30: pH y oxígeno disuelto después de la ebullición

III. Fosfatos y nitritos

En la figura 5.31, se observa que la concentración de fosfatos y nitritos son similares en ambas zonas y disminuyen después de la ebullición, la teoría nos dice que los fosfatos forman fosfatos de cálcicos con el aumento de la

temperatura, y este es insoluble en agua, por lo tanto precipita, haciendo que disminuya su concentración, del mismo modo, los nitritos disminuyen su solubilidad con el aumento de la temperatura, haciendo que éste también disminuya su concentración.

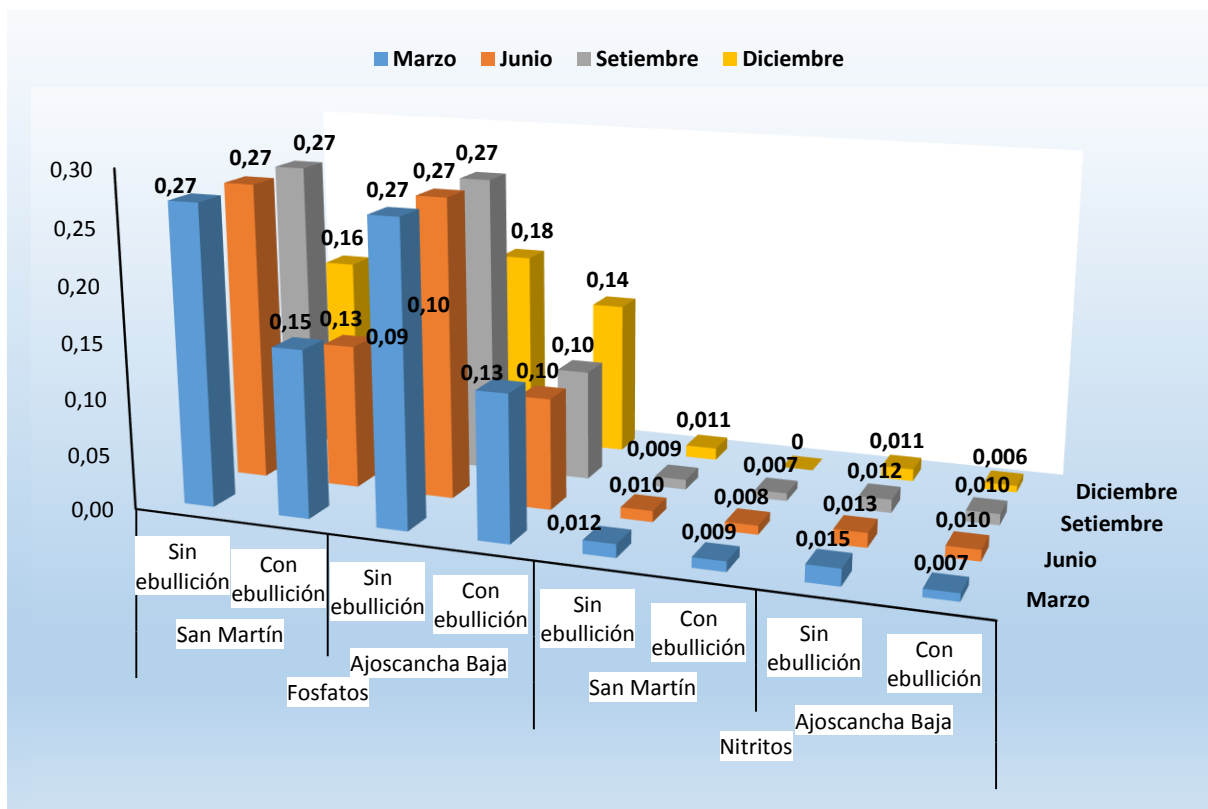


Figura 5.31: Fosfatos y nitritos después de la ebullición

IV. Hierro y Cinc

Como se observa en la figura 5.32, no se ha encontrado hierro y cinc en los meses de marzo y setiembre en las dos zonas de estudio, también se aprecia que la concentración de hierro y cinc es mayor en la zona de San Martín y ambos parámetros disminuyen después de la ebullición, debido a que estos metales forman sus respectivos hidróxidos con el aumento de la temperatura, siendo estos insolubles en agua, haciendo que disminuyan su concentración porque precipitan.

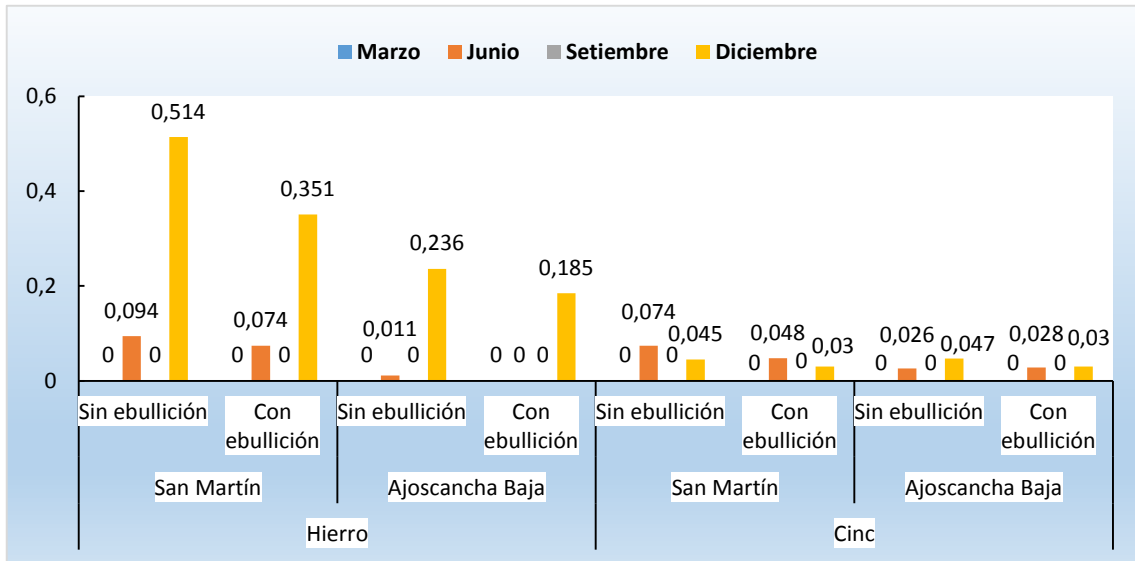


Figura 5.32: Hierro y cinc después de la ebullición

V. Coliformes totales

Se observa en la figura 5.33 que en el agua subterránea de la zona San Martín, sólo hubo coliformes totales en el mes de junio, mientras que en el agua subterránea de la zona de Ajoscancha Baja hay coliformes totales en todos los meses de muestreo, esto es probablemente debido a la presencia de un pozo séptico muy cerca allí y a los animales menores que están alrededor del pozo de agua subterránea, también a la poca profundidad de éste que es de un metro, comparado con el de la zona de San Martín que es de veinte metros de profundidad. La ebullición disminuye a cero la concentración de los coliformes totales en ambas zonas de estudio.

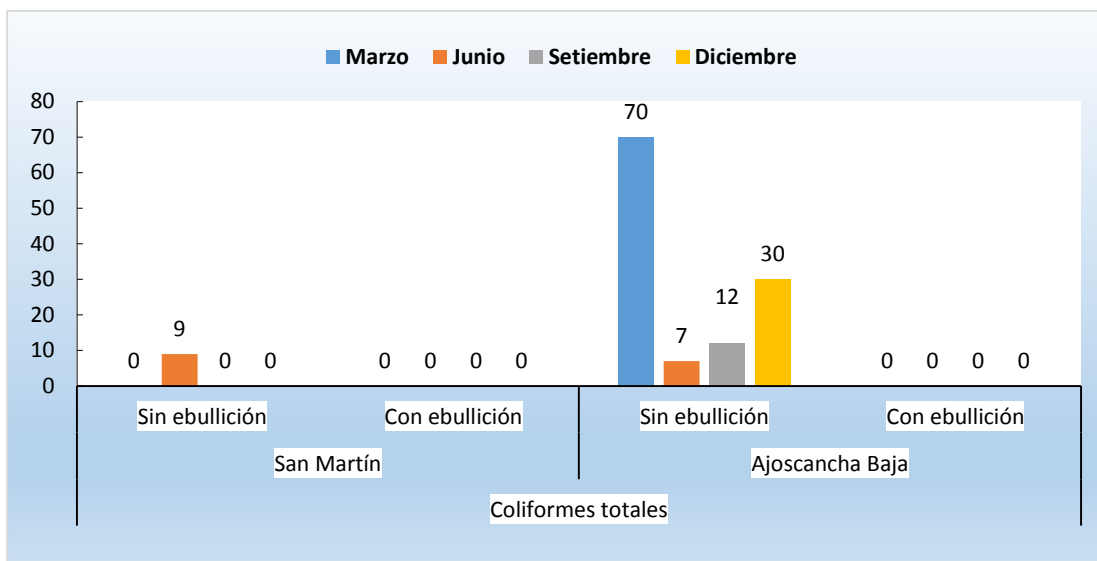


Figura 5.33: Coliformes totales después de la ebullición

VI. Cloruros, sulfatos y nitratos

Se aprecia en la figura 5.34, que en el agua subterránea de la zona de San Martín, las concentraciones de cloruros, sulfatos y nitratos; son menores al de las aguas subterráneas de la zona de Ajoscancha Baja. También se observa que las concentraciones de los cloruros, sulfatos y nitratos aumentan después de la ebullición en ambas aguas subterráneas, una probable hipótesis que explica este fenómeno es que se produce una ruptura de los enlaces químicos presentes en los compuestos que contienen cloruros, sulfatos y nitratos como consecuencia de la ebullición a la que fueron sometidas las aguas subterráneas, haciendo que se liberen los iones Cl^- , SO_4^{2-} y NO_3^- e incrementando la concentración de dichos iones.

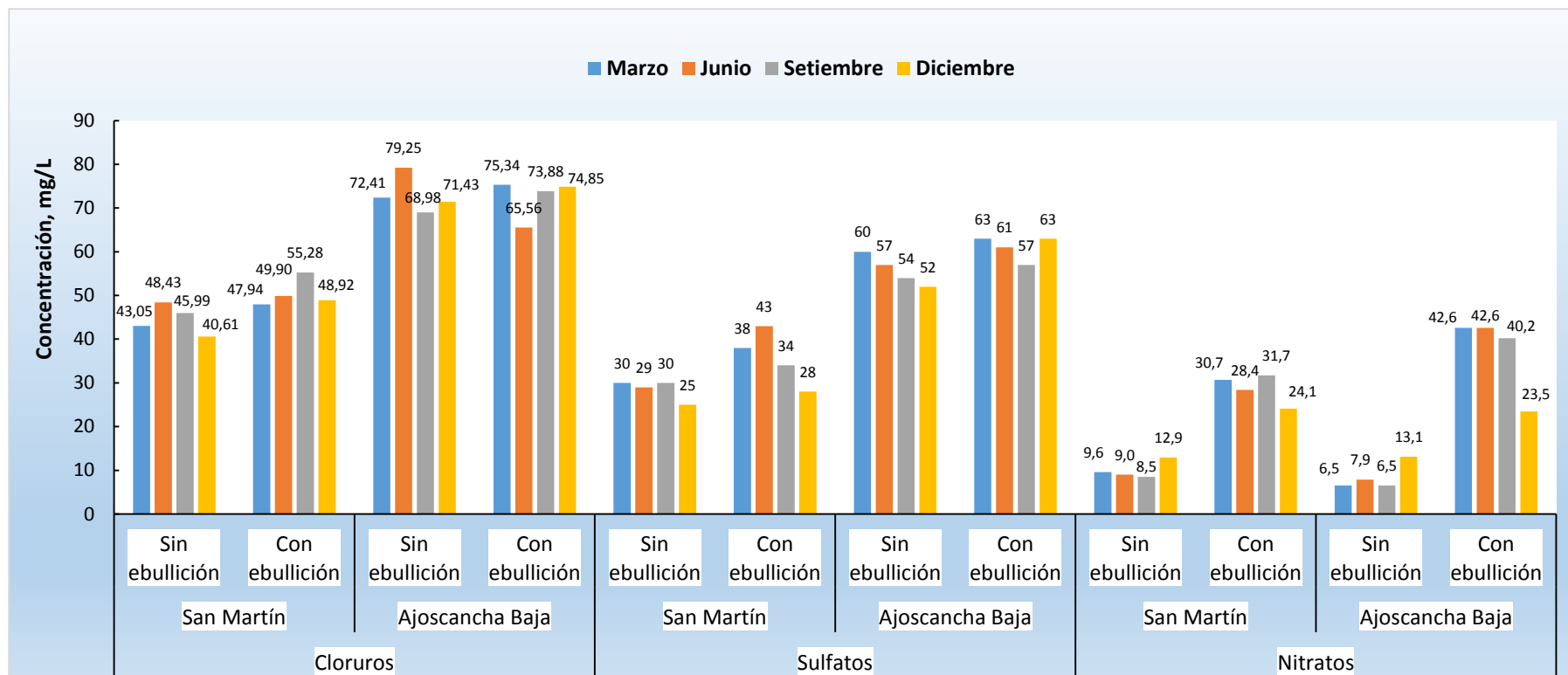


Figura 5.34: Cloruros, sulfatos y nitratos después de la ebullición

5.3. Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de la hipótesis se usó la prueba de Friedman, en donde:

Hi: Existe diferencia significativa, luego de aplicar la ebullición.

Ho: No existen diferencia significativa, luego de aplicar la ebullición.

Si el nivel de significación es menor a 0,050 (**P – valor < 0,050**), entonces se rechaza

Ho.

Los resultados del tratamiento estadístico de los datos por muestra se resumen en las siguientes tablas:

Tabla 5.7: Tratamiento estadístico a los análisis físicos de la zona San Martín

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
Conductividad	1 500 mg/L	Si	0,046
Sólidos disueltos totales	1 000 mg/L	Si	0,046

Tabla 5.8: Tratamiento estadístico a los análisis químicos de la zona San Martín

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
pH	6,5 - 8,5	Si	0,046
Oxígeno disuelto	> = 6 mg/L	Si	0,046
Cloruros	250 mg/L	No	0,317
Sulfatos	250 mg/L	Si	0,046
Dureza total	500 mg/L	Si	0,046
Alcalinidad	---	---	---
Nitratos	50 mg/L	Si	0,046
Nitritos	3 mg/L	Si	0,046
Fosfatos	0,1 mg/L	No	0,317
Arsénico	0,01 mg/L	Si	0,046
Plomo	0,01 mg/L	Si	0,046
Cromo	0,005 mg/L	Si	0,046
Mercurio	0,001 mg/L	Si	0,046
Hierro	0,3 mg/L	Si	0,046
Zinc	3 mg/L	Si	0,046

Tabla 5.9: Tratamiento estadístico a los análisis bacteriológicos de la zona San Martín

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
Coliformes totales	50 NMP/100 mL	No	0,317
Coliformes termotolerantes	0 NMP/100 mL	---	---

En las tablas 5.14 y 5.15 se observa que el nivel de significación de los cloruros, fosfatos y coliformes totales es mayor a 0,050; por lo tanto, no es significativa la ebullición.

Tabla 5.10: Tratamiento estadístico a los análisis físicos de la zona Ajoscancha Baja

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
Conductividad	1500 mg/L	Si	0,046
Sólidos disueltos totales	1 000 mg/L	Si	0,046

Tabla 5.11: Tratamiento estadístico a los análisis químicos de la zona Ajoscancha Baja

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
pH	6,5 - 8,5 mg/L	Si	0,046
Oxígeno disuelto	> = 6 mg/L	Si	0,046
Cloruros	250 mg/L	No	0,317
Sulfatos	250 mg/L	Si	0,046
Dureza total	500 mg/L	Si	0,046
Alcalinidad	---	---	---
Nitratos	50 mg/L	Si	0,046
Nitritos	3 mg/L	Si	0,046
Fosfatos	0,1 mg/L	No	0,317
Arsénico	0,01 mg/L	Si	0,046
Plomo	0,01 mg/L	Si	0,046
Cromo	0,005 mg/L	Si	0,046
Mercurio	0,001 mg/L	Si	0,046
Hierro	0,3 mg/L	Si	0,046
Zinc	3 mg/L	Si	0,046

Tabla 5.12: Tratamiento estadístico a los análisis bacteriológicos de la zona Ajoscancha

Baja

Parámetro	Estándares de Calidad Ambiental del Agua (Clase A1)	Ebullición Favorable	Nivel de significación
Coliformes totales	50	Si	0,046
Coliformes termotolerantes	0	---	---

En la tabla N° 5.17 se observa que el nivel de significación de los cloruros y fosfatos es mayor a 0,050; por lo tanto, no es significativa la ebullición.

Para el cálculo del tratamiento estadístico se usó al software Minitab 17, los resultados se muestran en el apéndice A.2.

CONCLUSIONES

1. La mayoría de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos considerados, sin ebullición, cumplen con los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua subcategoría A, establecidos en el decreto supremo N° 015 – 2015 – MINAM y para los límites máximos permisibles de la calidad del agua para consumo humano establecido en el decreto supremo N° 031 – 2010 – SA, a excepción de los fosfatos y coliformes totales; con ebullición en ambas zonas, los nitratos y fosfatos no cumplen.
2. El tratamiento térmico dado a las muestras a través de la ebullición por diez minutos tiene diferencia significativa en la mayoría de parámetros considerados en el estudio, los cuales bajan sus concentraciones luego de la ebullición, a excepción de los cloruros que suben ligeramente su concentración y de los nitratos que suben considerablemente su concentración.
3. Las aguas subterráneas de las zonas Ajoscancha Baja y San Martín clasifican dentro de las clases A2 y A3 de los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua, los cuales son “Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento convencional” y “Aguas que pueden potabilizadas con tratamiento avanzado”; estas aguas no califican en la clase A1 debido a que presentan concentraciones altas de fosfatos y coliformes totales.
4. Las aguas en estudio están clasificadas como muy duras según la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (Tabla 7), esto puede ser un factor de riesgo para la salud según estudios detallados.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

- 1.** Ejecutar más estudios de otras aguas subterráneas que se utilizan para consumo humano, con un monitoreo más frecuente.
- 2.** Realizar un estudio sobre el efecto del tiempo de ebullición y sobre la concentración de la dureza temporal y permanente.
- 3.** Investigar sobre la relación que existe entre ebullición y el aumento de concentración de cloruros y de nitratos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUA PUREZA PERU, Filtros y Sistemas Purificadores de Agua.
[http://www.aguapureza.pe/filtro-anti-sarro-para-todo-el-hogar-hidrolit-ablander
home/](http://www.aguapureza.pe/filtro-anti-sarro-para-todo-el-hogar-hidrolit-ablander-home/) (consultada el 9 de septiembre del 2015).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER
WORKS ASSOCIATION, WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION.
1992. Métodos Normalizados: Para el análisis de aguas potables y residuales. 17°
Edición. Madrid (España). Ediciones. Díaz de Santos, S.A.

ANA – Portal de la Autoridad Nacional del Agua. Estudios – Agua Subterráneas.
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fuente_agua_subterr
anea_coata_0_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/fuente_agua_subterranea_coata_0_0.pdf). (Consultada el 14 de enero del 2014).

ARMAS RAMIREZ, Carlos E. ARMAS ROMERO, Carlos E. DIAZ
CAMACHO, Juan. 1996. Ciencia Química: Técnicas Experimentales. 1° Edición.
Trujillo Perú. Editorial Libertad EIRL.

ASTROMÍA. El Agua - Agua Subterránea. [http://www.astromia.com/tierraluna/
aguasubterraneas.htm](http://www.astromia.com/tierraluna/aguasubterraneas.htm) (consultada el 15 de marzo del 2014).

BAIRD, Colin. 2001. Química Ambiental. Barcelona (España). Editorial Reverté,
S.A.

CAICEDO BARÓN, Humberto Yampiero. 2011. Análisis Fisicoquímico y Microbiológico en aguas Subterráneas del Corregimiento de San Miguel del Tigre en Yondó, Antioquia. Bucaramanga, Colombia. Tesis para optar el título de Especialista de Química Ambiental en la Universidad Industrial de Santander – Bucaramanga.

FACUNDO CASTILLO, Juan Reynerio. 2007. Contribuciones al Desarrollo de la Hidrogeoquímica. La Habana, Cuba. <http://www.fagundojr.com/>

FERNÁNDEZ MEZA, Nivia Úrsula. 2011. Estudio Hidrogeoquímico del Agua Subterránea en las Comunidades Cercanas al Ex Botadero de la Ciudad de Cajamarca Durante el 2011, Cajamarca – Perú. Cajamarca, Perú. Tesis para obtener Título de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Cajamarca.

GONZALES, Gustavo J. Los Sorprendentes Beneficios del Agua, La Fuente de la Juventud ... ¡y la Salud!. https://www.academia.edu/15783992/Beneficios_del_Agua_Alcalina (consultada el 11 de febrero del 2016).

GENERAL WATER COMPANY EN PERÚ. Ablandadores de agua. <http://gwc.com.ar/general-water-company-en-peru/> (consultada el 10 de septiembre del 2015).

HERNÁNDEZ, Roberto. 2010. Metodología de la Investigación. 5° Edición. México. Editorial Interamericana.

MARIN GALVÍN, Rafael. 2003. Físicoquímica y Microbiología de los Medios Acuáticos, Tratamiento y Control de Calidad de Aguas. España. Editorial Díaz de Santos. Universidad Politécnica de Cartagena.

MEDINA-ESCOBEDO, Martha. 2002. Prevalencia y Factores de Riesgo en Yucatán, México, para Litiasis Urinaria. México. <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v44n6/14043.pdf>.

MORA AL VARADO, Darner. 2000. Cálculos en las Vías Urinarias y su relación con el Consumo de Calcio en el Agua de Bebida de Costa Rica. Costa Rica. <http://www.bvs.sa.cr/AMBIENTE/textos/052.pdf>

PÉREZ MORENO, Fidel. PRIETO GARCÍA, Francisco. ROJAS HERNÁNDEZ, Alberto. GALÁN VIDAL, Carlos. MARMOLEJO SANTILLÁN, Yolanda. ROMO GÓMEZ, Claudia. CASTAÑEDA OVANDO, Araceli. RODRÍGUEZ ÁVILA, Antonio y BARRADO ESTEBAN, Enrique. 2003. Caracterización química de aguas subterráneas en pozos y un distribuidor de agua de Zimapán, Estado de Hidalgo. Centro de Investigaciones Químicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. 1999. Calidad del Agua. 2ª Edición. México D.F. Alfaomega Grupo Editor.

RIGOLA L., Miguel. 1999. Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales. Parámetros de calidad de las aguas. México D.F. Alfaomega, editores.

SKOOG, Douglas A. WEST, Donald M. HOLLER, F. James. CROUCH, Stanley R. 2001. Química Analítica. 7ª. Edición. Mexico. McGraw-Hill Interamericana Editores. S.A. de C.V.

CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, State Water Resources Control Board.

http://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf (consultada el 8 de febrero del 2016).

BUREAU VERITAS. 2008. Manual para la formación del medio ambiente. 1ª Edición. España. Editorial Lex Nova S.A.

WIKIPEDIA, La enciclopedia libre. Tratamiento de aguas. https://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_de_aguas (consultada el 11 de septiembre del 2015).

APÉNDICES

A.1. Galería de fotos



Figura A.1: Pozo zona San Martín



Figura A.2: Pozo zona Ajoscancha Baja



Figura A.3: Pozo Ajoscancha Baja con animales menores



Figura A.4: Muestreando



Figura A.5: En pleno análisis

A.2. Clasificación de la Dureza según la Organización Mundial de la Salud

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

Fuente: Organización mundial de la salud

Existen dos clases de dureza que puede presentar el agua:

Dureza carbonácea o temporal: La dureza temporal se produce a partir de la disolución de carbonatos en forma de hidrógenocarbonatos (bicarbonatos) y puede ser eliminada al hervir el agua o por la adición de hidróxido de calcio.

Dureza no carbonácea o permanente: Esta dureza no puede ser eliminada al hervir el agua, la causa más corriente es la presencia de sulfatos y/o cloruros de calcio y de magnesio en el agua, sales que son más solubles según sube la temperatura, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura.

A.3. Prueba de Friedman para los parámetros en estudio

A. Contrastación de la hipótesis para el pH en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para el pH, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencia significativa para el pH, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: pH 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	7,1487	4,0
2	4	7,8823	8,0

Mediana principal = 7,5155

p -valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en el pH de la zona San Martín.

B. Contrastación de la hipótesis para el pH en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para el pH, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencias significativas para el pH, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: pH 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	7,0730	4,0
2	4	7,6515	8,0

Mediana principal = 7,3622

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en el pH de la zona Ajoscancha Baja.

Nota: El pH en todos los casos se encuentra dentro de los límites permisibles.

C. Contrastación de la hipótesis para la conductividad en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para la conductividad, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencias significativas para la conductividad, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Conductividad 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	753,5	4,0
2	4	529,5	8,0

Mediana principal = 641,5

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en la conductividad de la zona San Martín.

D. Contrastación de la hipótesis para la conductividad en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencias significativas para la conductividad, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencias significativas para la conductividad, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Conductividad 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	753,5	4,0
2	4	529,5	8,0

Mediana principal = 641,5

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en la conductividad de la zona Ajoscancha Baja.

E. Contrastación de la hipótesis para oxígeno disuelto en San Martin

Hi. Existe diferencia significativa para los valores de oxígeno disuelto, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

H0. No Existe diferencia significativa para los valores de oxígeno disuelto, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

Prueba de Friedman: Oxígeno disuelto 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	6,7675	4,0
2	4	6,0775	8,0

Mediana principal = 6,4225

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en los valores de oxígeno disuelto de la zona San Martín.

F. Contrastación de la hipótesis para oxígeno disuelto en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para los valores de oxígeno disuelto, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para los valores de oxígeno disuelto, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Oxígeno disuelto 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	6,5200	4,0
2	4	6,0400	8,0

Mediana principal = 6,2800

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en los valores de oxígeno disuelto de la zona Ajoscancha Baja.

G. Contrastación de la hipótesis para sólidos totales disueltos en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para sólidos totales disueltos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencia significativa para sólidos totales disueltos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Sólidos disueltos totales 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	543,00	4,0
2	4	381,50	8,0

Mediana principal = 462,25

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas de los sólidos totales disueltos de la zona San Martín.

H. Contrastación de la hipótesis para sólidos totales disueltos en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para sólidos totales disueltos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para sólidos totales disueltos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Sólidos disueltos totales 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	737,8	4,0
2	4	503,8	8,0

Mediana principal = 620,8

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en los sólidos totales disueltos de la zona Ajoscancha Baja.

I. Contrastación de la hipótesis para cloruros en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de cloruros, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencias significativas para valores individuales de cloruros, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Cloruros 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 1,00 GL = 1 P = 0,317

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	44,030	4,0
2	4	50,630	8,0

Mediana principal = 47,330

p-valor mayor a 0,05, por tanto, no se rechaza H0.

El tratamiento propuesto no influye en la diferencia de medianas en valores individuales de cloruros de la zona San Martín.

J. Contrastación de la hipótesis para valores individuales de cloruro en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de cloruros, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para valores individuales de cloruros, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Cloruros 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 1,00 GL = 1 P = 0,317

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	71,185	4,0
2	4	74,360	8,0

Mediana principal = 72,773

p-valor mayor a 0,05, por tanto, no se rechaza H0.

El tratamiento propuesto no influye en la diferencia de medianas en valores individuales de cloruros de la zona Ajoscancha Baja.

K. Contrastación de la hipótesis para sulfatos en San Martin

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de sulfatos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

H0. No Existe diferencia significativa para valores individuales de sulfatos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

Prueba de Friedman: Sulfatos 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	30,000	4,0
2	4	36,000	8,0

Mediana principal = 33,000

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en valores individuales de sulfatos de la zona San Martín.

L. Contrastación de la hipótesis para sulfatos en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de sulfatos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para valores individuales de sulfatos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Sulfatos 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

$S = 4,00$ $GL = 1$ $P = 0,046$

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	56,500	4,0
2	4	60,000	8,0

Mediana principal = 58,250

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en valores individuales de sulfatos de la zona Ajoscancha Baja.

M. Contrastación de la hipótesis para la dureza en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para la dureza, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencia significativa para la dureza, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Dureza 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	265,75	4,0
2	4	249,75	8,0

Mediana principal = 257,75

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en la dureza de la zona San Martín.

N. Contrastación de la hipótesis para la dureza en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para la dureza, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para la dureza, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Dureza 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	265,00	4,0
2	4	252,50	8,0

Mediana principal = 258,75

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en la dureza de la zona Ajoscancha Baja.

O. Contrastación de la hipótesis para nitratos en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de nitratos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencias significativas para valores individuales de nitratos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Nitratos 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

$S = 4,00$ $GL = 1$ $P = 0,046$

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	9,27	4,0
2	4	29,52	8,0

Mediana principal = 19,40

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye (incrementando) la diferencia de medianas en valores individuales de nitratos en de la zona San Martín.

P. Contrastación de la hipótesis para nitratos en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de nitratos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para valores individuales de nitratos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Nitratos 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	6,85	4,0
2	4	41,05	8,0

Mediana principal = 23,95

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye (incrementando) la diferencia de medianas en los valores individuales de nitratos de la zona Ajoscancha Baja.

Q. Contrastación de la hipótesis para nitritos en San Martín

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de nitritos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

H0. No Existe diferencias significativas para valores individuales de nitritos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martín

Prueba de Friedman: Nitritos 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	0,00975	4,0
2	4	0,00725	8,0

Mediana principal = 0,00850

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en valores individuales de nitritos de la zona San Martín.

R. Contrastación de la hipótesis para valores individuales de nitritos en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para valores individuales de nitritos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para valores individuales de nitritos, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: Nitritos 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

$S = 4,00$ $GL = 1$ $P = 0,046$

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	70,01300	4,0
2	4	0,00900	8,0

Mediana principal = 0,01100

p-valor menor a 0,05; por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en los valores de nitritos de la zona Ajoscancha Baja.

S. Contrastación de la hipótesis para coliformes totales en San Martin

Hi. Existe diferencia significativa para valores de coliformes totales, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

H0. No Existe diferencias significativas para valores de coliformes totales, luego de aplicar el tratamiento propuesto en San Martin

Prueba de Friedman: coliformes totales 1 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 0,25 GL = 1 P = 0,617

S = 1,00 GL = 1 P = 0,317 (ajustados para los vínculos)

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	0,0000	5,5
2	4	0,0000	6,5

Mediana principal = 0,00000

p-valor mayor a 0,05, por tanto, no se rechaza H0.

El tratamiento propuesto no influye en la diferencia de medianas en valores individuales de Col. totales de la zona San Martín.

T. Contratación de la hipótesis para coliformes totales en Ajoscancha Baja

Hi. Existe diferencia significativa para valores de Col. totales, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

H0. No Existe diferencia significativa para valores de Col. totales, luego de aplicar el tratamiento propuesto en Ajoscancha Baja

Prueba de Friedman: coliformes totales 2 vs. Tratamiento bloqueado por bloque

S = 4,00 GL = 1 P = 0,046

Tratamiento	N	Estadístico	Suma de clasificaciones
1	4	0,00	4,0
2	4	21,00	8,0

Mediana principal = 10,50

p-valor menor a 0,05, por tanto, se rechaza H0.

El tratamiento propuesto influye en la diferencia de medianas en los valores de coliformes totales de la zona Ajoscancha Baja.

A.4. Diagramas de Piper Hill

A continuación se presenta el diagrama que servirá para clasificar el tipo de agua subterránea; y que consiste en ver donde se ubican los puntos de cada muestra, primero en los triángulos para después proyectarlas al rombo e interpretar.

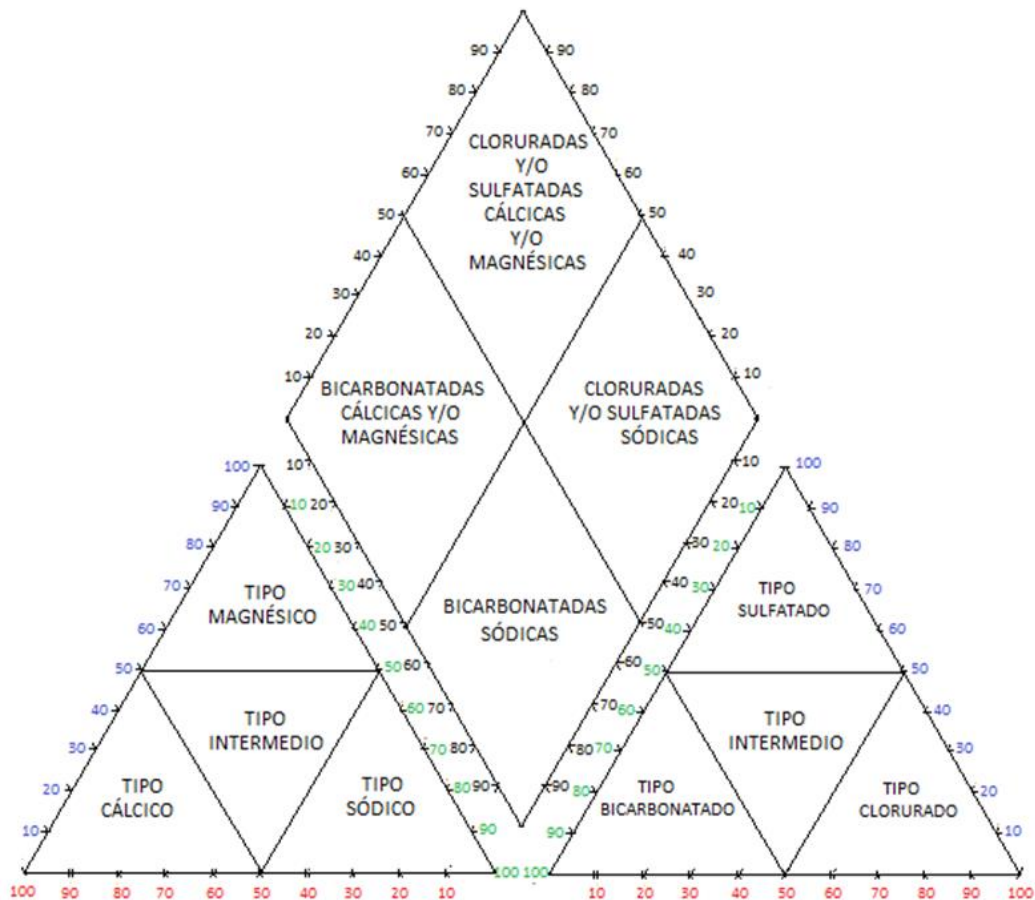
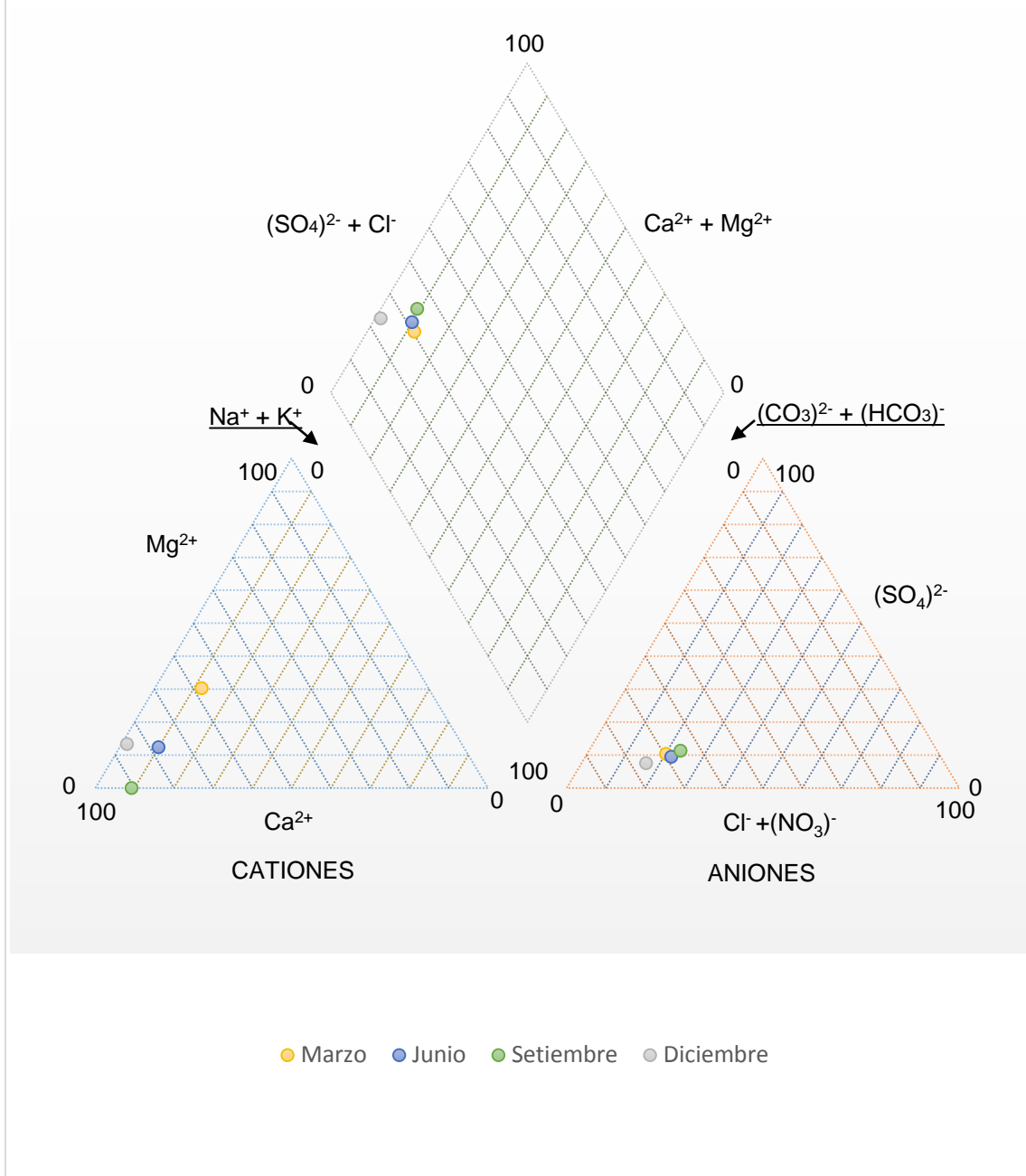


DIAGRAMA DE PIPER 1

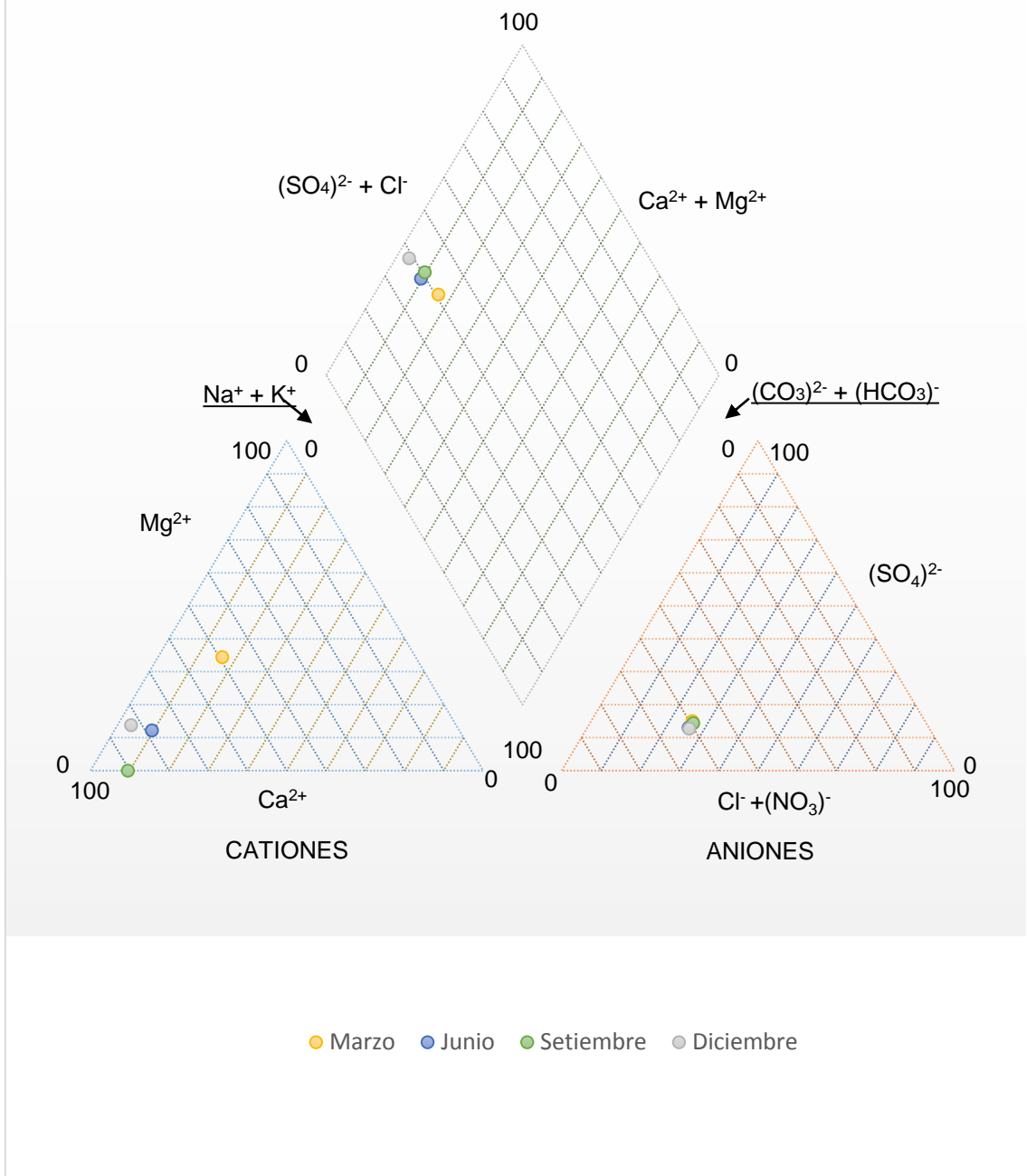
Zona San Martín sin ebullición



El gráfico nos dice que el agua subterránea de la zona San Martín sin ebullición, en los meses de muestreo, es bicarbonatada cálcica.

DIAGRAMA DE PIPER 2

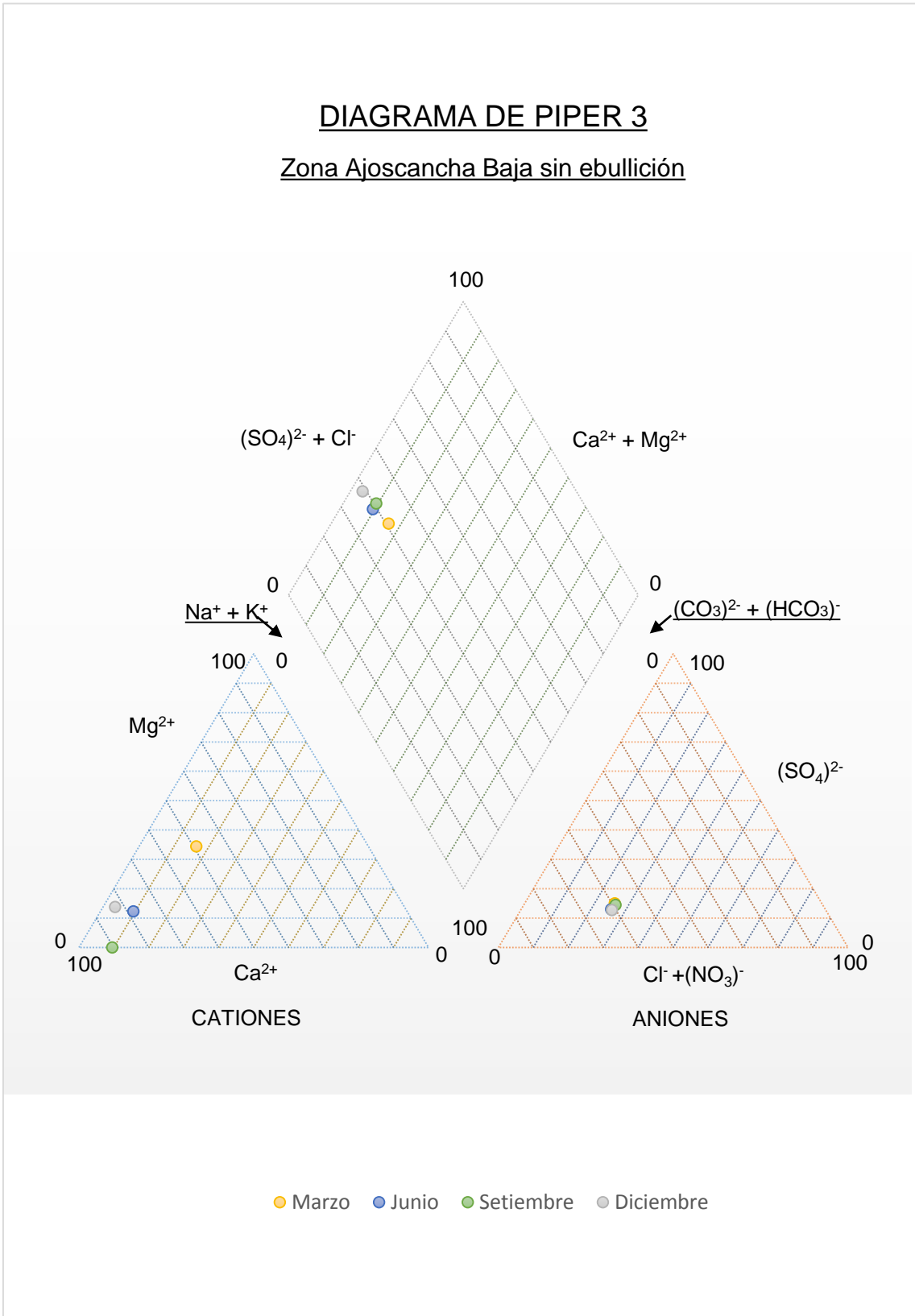
Zona San Martín con ebullición



El gráfico nos dice que el agua subterránea de la zona San Martín con ebullición, en los meses de muestreo, es sulfatada y clorurada cálcica.

DIAGRAMA DE PIPER 3

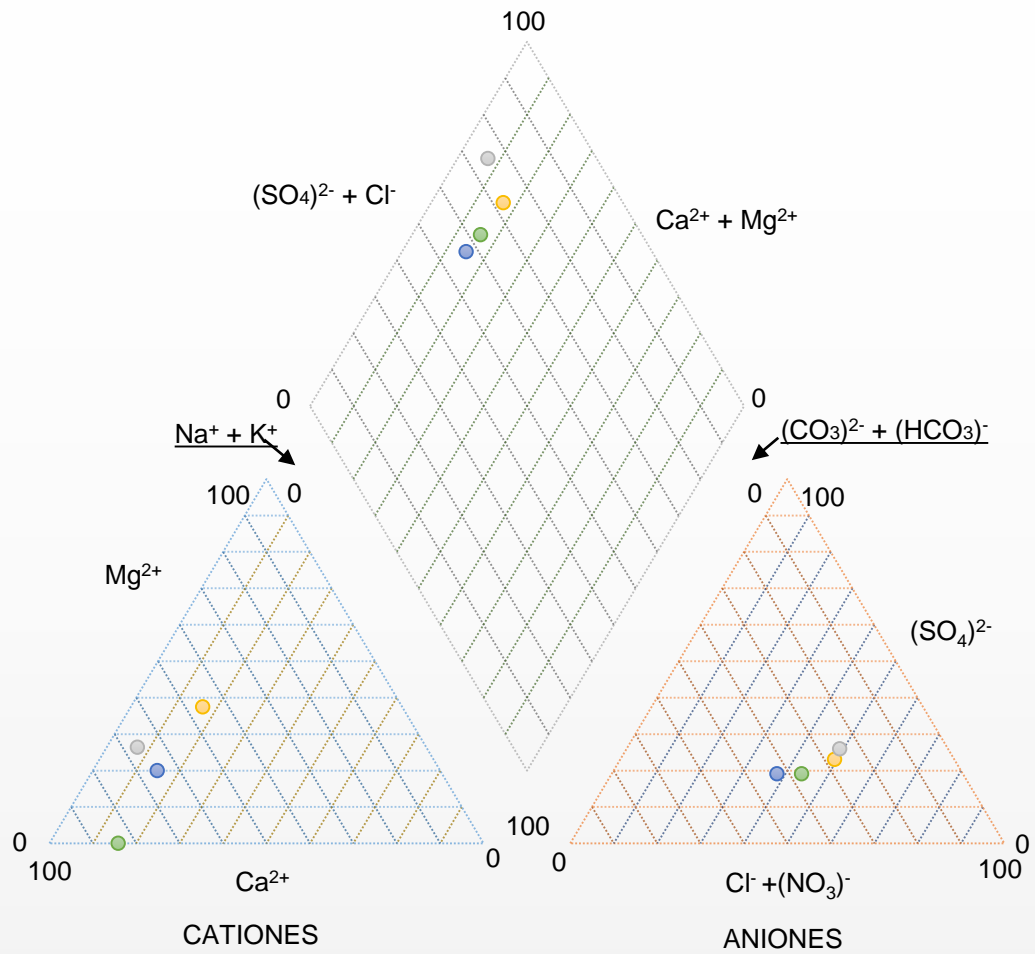
Zona Ajoscancha Baja sin ebullición



El gráfico nos dice que el agua subterránea de la zona Ajoscancha Baja sin ebullición, en los meses de muestreo, es bicarbonatada cálcica.

DIAGRAMA DE PIPER 4

Zona Ajoscancha Baja con ebullición



● Marzo ● Junio ● Setiembre ● Diciembre

El gráfico nos dice que el agua subterránea de la zona Ajoscancha Baja sin ebullición, en los meses de muestreo, es sulfatada y clorurada cálcica.

APENDICE

Resultados de los análisis realizados por el laboratorio NKAP



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA CON REGISTRO No LE 026**



Registro Nº LE 026-

INFORME DE ENSAYO

C-116-C214- JCFC

Pág 01 de 03

CLIENTE : JUAN CARLOS FLORES CERNA
: Jr. Los Olivos Nº125, departamento 3C- Cajamarca

ATENCIÓN :

MÉTODOS DE ENSAYO : Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua Subterránea

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 08 botellas de 500ml.,
:

MUESTREO : Preservadas
: Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca 12 de Marzo de 2014
Hora: 13:20

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarc 12 de Marzo de 2014

Metales por ICP	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994	Ag <0.00155, Al <0.026, As <0.0133, Ba <0.0000358, Be <0.0000481, B <0.00814, Ca <0.00416, Cd <0.000145, Ce <0.00451, Co <0.000148, Cr <0.0000296, Cu <0.000387, Fe <0.000723, Hg <0.0000326, K <0.0365, Li <0.0000669, Mg <0.00255, Mn <0.0000659, Mo <0.000495, Se <0.0163, Na <0.107, Ni <0.000316, P <0.00481, Pb <0.00158, Sb <0.00667, Si <0.0369, Sn <0.00391, Sr <0.0000419, Ti <0.000104, Tl <0.00549, V <0.000724, Zn <0.000557 (mg/L)	30d
Cianuro Disociable en Ácido Débil	SMEWW, APHA, AWWA, WEF. 4500-CN A,B,I,E 22nd Ed. 2012	<0.01 mg/L	-

Sello	Fecha Emisión	Responsable Administrativo	Coordinador de la Dirección Técnica y de la Calidad
-------	---------------	----------------------------	---

21/03/2014

Alexandra Aurazo Rodríguez

Juan Carlos Colina Venegas
CBP 9924

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN EL PERMISO DE NKAP SRL.

*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

* Las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.

* Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

C-116-C214-JCFC

INFORME DE ENSAYO

Registro Nº LE 026-

C-116-C214-JCFC

Pág. 02 de 03

Código de Laboratorio			C-116-02	C-116-04	C-116-06	C-116-07
Código de Cliente			P-1	P-1T	P-2	P-2T
Item de Ensayo			Agua	Agua	Agua	Agua
Fecha de Muestreo			13/03/201	13/03/201	13/03/201	13/03/201
Hora de Muestreo			11:46	15:05	11:36	18:34
Parámetro	Símbol	Unidad				
Cianuro Disociable en Ácido Débil	CNW	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.



C-116-C214-JCFC

INFORME DE ENSAYO

C-116-C214-JCFC

Código de Laboratorio			C-116-01	C-116-03	C-116-05	C-116-08
Código de Cliente			P-1	P-1T	P-2	P-2T
Item de Ensayo			Agua	Agua	Agua	Agua
Fecha de Muestreo			13/03/2014	13/03/2014	13/03/2014	13/03/2014
Hora de Muestreo						
Parámetro	Símbolo	Unidad				
Metales Totales por ICP						
Aluminio	Al	mg/L	< 0.026	< 0.026	< 0.026	< 0.026
Antimonio	Sb	mg/L	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667
Arsénico	As	mg/L	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133
Bario	Ba	mg/L	0.009	< 0.0000358	0.028	0.019
Berilio	Be	mg/L	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481
Boro	B	mg/L	< 0.00814	0.025	< 0.00814	< 0.00814
Cadmio	Cd	mg/L	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145
Calcio	Ca	mg/L	33.594	33.601	33.762	33.535
Cerio	Ce	mg/L	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451
Cobalto	Co	mg/L	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148
Cobre	Cu	mg/L	< 0.000387	< 0.000387	< 0.000387	< 0.000387
Cromo	Cr	mg/L	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296
Estaño	Sn	mg/L	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391
Estroncio	Sr	mg/L	< 0.0000419	< 0.0000419	< 0.0000419	< 0.0000419
Fósforo	P	mg/L	< 0.00481	< 0.00481	0.013	< 0.00481
Hierro	Fe	mg/L	< 0.000723	< 0.000723	< 0.000723	< 0.000723
Litio	Li	mg/L	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669
Magnesio	Mg	mg/L	10.621	11.409	14.271	16.517
Manganeso	Mn	mg/L	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659
Mercurio	Hg	mg/L	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326
Molibdeno	Mo	mg/L	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495
Niquel	Ni	mg/L	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316
Plata	Ag	mg/L	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155
Plomo	Pb	mg/L	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158
Potasio	K	mg/L	8.294	7.158	7.882	8.631
Selenio	Se	mg/L	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163
Silicio*	Si	mg/L	< 0.0369	< 0.0369	< 0.0369	< 0.0369
Sodio	Na	mg/L	7.963	8.016	8.3	8.885
Talio	Tl	mg/L	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549
Titanio	Ti	mg/L	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104
Vanadio	V	mg/L	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724
Zinc	Zn	mg/L	< 0.000557	< 0.000557	< 0.000557	< 0.000557



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR

EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN

INDECOPI - SNA CON REGISTRO No

LE 026

INFORME DE ENSAYO

C-257-E214-LI-INC

Pág 01 de 02

CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ATENCION : Sr. Juan Carlos Flores Cerna

MÉTODOS DE ENSAYO : Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua Subterránea

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 04 botellas de plastico de 500mL

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca, 10 de Junio de 2014

Hora: 12:20

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 10 de Junio de 2014

Preservadas

MÉTODO DE ENSAYO

Parámetro	Norma-Método	Límite de detección	Tiempo máximo de conservación recomendado/obligado
Metales por ICP	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994	Ag <0.00155,Al <0.026,As <0.0133,Ba <0.0000358, Be <0.0000481,B <0.00814,Ca <0.00416,Cd <0.000145, Ce <0.00451,Co <0.000148,Cr <0.0000296,Cu <0.000387, Fe <0.000723,Hg <0.0000326,K <0.0365,Li <0.0000669, Mg <0.00255,Mn <0.00000659,Mo <0.000495,Se <0.0163, Na <0.107,Ni <0.000316,P <0.00481,Pb <0.00158,	30d

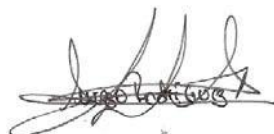
Sello

Fecha Emisión

Supervisor Administrativo

Supervisor del Laboratorio de

Química



Alexandra Aurazo Rodriguez



Edder Neyra Jaico

17/06/2014

CIP 147028

LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CORRESPONDEN A LOS ENSAYOS SOLICITADOS PARA LOS ITEM DE ENSAYO RECIBIDOS.

*Todos los resultados de los ensayos son considerados confidenciales.

* Las muestras serán eliminadas al termino del tiempo máximo de conservación recomendado/ obligado, salvo requerimiento expreso del cliente.

* Informes de ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

C-257-F214-UNC

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-257-01	C-257-02	C-257-03	C-257-04
Código de Cliente			P-1	P-1T	P-2	P-2T
			Agua	Agua	Agua	Agua
Fecha de Muestreo			07/06/2014	07/06/2014	07/06/2014	07/06/2014
Hora de Muestreo			12:15	12:16	12:20	12:22
Parámetro	Símbolo	Unidad				
Metales Totales por ICP						
Aluminio	Al	mg/L	0.024	0.037	0.046	< 0.026
Antimonio	Sb	mg/L	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667
Arsénico	As	mg/L	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133
Bario	Ba	mg/L	0.194	0.232	0.212	0.19
Berilio	Be	mg/L	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481
Boro	B	mg/L	< 0.00814	< 0.00814	< 0.00814	< 0.00814
Cadmio	Cd	mg/L	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145
Calcio	Ca	mg/L	123.673	135.048	176.009	99.363
Cerio	Ce	mg/L	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451
Cobalto	Co	mg/L	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148
Cobre	Cu	mg/L	0.004	0.011	0.003	0.004
Cromo	Cr	mg/L	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296
Estaño	Sn	mg/L	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391
Estroncio	Sr	mg/L	0.668	0.738	1.382	0.944
Fósforo	P	mg/L	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481
Hierro	Fe	mg/L	0.094	0.074	0.011	< 0.000723
Litio	Li	mg/L	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669
Magnesio	Mg	mg/L	11.872	12.084	16.635	18.416
Manganeso	Mn	mg/L	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659
Mercurio	Hg	mg/L	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326
Molibdeno	Mo	mg/L	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495
Niquel	Ni	mg/L	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316
Plata	Ag	mg/L	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155
Plomo	Pb	mg/L	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158
Potasio	K	mg/L	5.489	5.602	6.421	6.635
Selenio	Se	mg/L	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163
Silice	Si	mg/L	13.741	13.832	15.569	17.974
Sodio	Na	mg/L	18.17	19.354	20.786	22.157
Talio	Tl	mg/L	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549
Titanio	Ti	mg/L	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104
Vanadio	V	mg/L	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724
Zinc	Zn	mg/L	0.074	0.048	0.026	0.028

INFORME DE ENSAYO

C-356-I214-
JCFC

Pág 01 de 02

CLIENTE : JUAN CARLOS FLORES CERNA
: Jr. Los Olivos Nº125, departamento 3C- Cajamarca

ATENCIÓN :

MÉTODOS DE ENSAYO : Químico

ITEM DE ENSAYO : Agua Subterránea

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 04 botellas de 500ml.,
Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca 1 de Septiembre de 2014
Hora: 12:20

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca 1 de Septiembre de 2014

Metales por ICP	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994	<p>Ag <0.00155,Al <0.026,As <0.0133,Ba <0.0000358, Be <0.0000481,B <0.00814,Ca <0.00416,Cd <0.000145, Ce <0.00451,Co <0.000148,Cr <0.0000296,Cu <0.000387, Fe <0.000723,Hg <0.0000326,K <0.0365,Li <0.0000669, Mg <0.00255,Mn <0.00000659,Mo <0.000495,Se <0.0163, Na <0.107,Ni <0.000316,P <0.00481,Pb <0.00158, Sb <0.00667,Sl <0.0369,Sn <0.00391,St <0.0000419</p>	30d
-----------------	--------------------------	--	-----

Sello	Fecha Emisión	Supervisor Administrativo	Supervisor del Laboratorio de Química
	11/09/2014	 Alexandra Aurazo Rodriguez	 Edder Neyra Jaico CIP 147028

Código de Laboratorio			C-356-01	C-356-02	C-356-03	C-356-04
Código de Cliente			P-1	P-1T	P-2	P-2T
			Agua	Agua	Agua	Agua
Item de Ensayo						
Fecha de Muestreo			03/09/2014	03/09/2014	03/09/2014	03/09/2014
Hora de Muestreo			06:44	07:49	06:49	07:46
Parámetro	Símbolo	Unidad				
Metales Totales por ICP						
Aluminio	Al	mg/L	< 0.026	< 0.026	< 0.026	< 0.026
Antimonio	Sb	mg/L	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667
Arsénico	As	mg/L	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133
Bario	Ba	mg/L	< 0.0000358	< 0.0000358	< 0.0000358	< 0.0000358
Berilio	Be	mg/L	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481
Boro	B	mg/L	< 0.00814	< 0.00814	< 0.00814	< 0.00814
Cadmio	Cd	mg/L	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145
Calcio	Ca	mg/L	169.881	152.886	238.394	136.639
Cerio	Ce	mg/L	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451
Cobalto	Co	mg/L	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148
Cobre	Cu	mg/L	< 0.000387	< 0.000387	< 0.000387	< 0.000387
Cromo	Cr	mg/L	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296
Estaño	Sn	mg/L	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391
Estroncio	Sr	mg/L	0.567	0.544	1.103	0.84
Fósforo	P	mg/L	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481
Hierro	Fe	mg/L	< 0.000723	< 0.000723	< 0.000723	< 0.000723
Litio	Li	mg/L	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669
Magnesio	Mg	mg/L	< 0.00255	< 0.00255	< 0.00255	< 0.00255
Manganeso	Mn	mg/L	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659	< 0.00000659
Mercurio	Hg	mg/L	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326
Molibdeno	Mo	mg/L	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495
Niquel	Ni	mg/L	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316
Plata	Ag	mg/L	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155
Plomo	Pb	mg/L	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158
Potasio	K	mg/L	10.778	10.811	12.612	12.987
Selenio	Se	mg/L	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163
Silicio*	Si	mg/L	12.848	12.966	14.909	15.94
Sodio	Na	mg/L	19.854	20.026	21.368	21.996
Talio	Tl	mg/L	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549
Titanio	Ti	mg/L	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104
Vanadio	V	mg/L	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724
Zinc	Zn	mg/L	< 0.000557	< 0.000557	< 0.000557	< 0.000557

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.

INFORME DE ENSAYO

C-470-k214-
JCFC

Pág 01 de 02

CLIENTE : JUAN CARLOS FLORES CERNA
: Jr. Los Olivos Nº125, departamento 3C- Cajamarca

ATENCIÓN :

MÉTODOS DE ENSAYO

: Químico
: Agua Subterránea

ITEM DE ENSAYO

PRESENTACIÓN DE LOS ITEM DE ENSAYO : 04 botellas de 500ml.,

:

Preservadas

MUESTREO : Muestras tomadas por el cliente

LUGAR Y FECHAS DE RECEPCIÓN : Cajamarca 5 de Diciembre de 2014

H0ora: 12:00

LUGAR Y FECHAS DE EJECUCIÓN : Cajamarca, 5 de Diciembre de 2014

Metales por ICP	EPA 200.7, Rev 4.4, 1994	<p>Ag <0.00155,Al <0.026,As <0.0133,Ba <0.0000358, Be <0.0000481,B <0.00814,Ca <0.00416,Cd <0.000145, Ce <0.00451,Co <0.000148,Cr <0.0000296,Cu <0.000387, Fe <0.000723,Hg <0.0000326,K <0.0365,Li <0.0000669, Mg <0.00255,Mn <0.00000659,Mo <0.000495,Se <0.0163, Na <0.107,Ni <0.000316,P <0.00481,Pb <0.00158, Sb <0.00667,Sl <0.0369,Sn <0.00391,St <0.0000419</p>	30d
-----------------	--------------------------	--	-----

Sello

Fecha Emisión

Supervisor
Administrativo

Supervisor del Laboratorio de
Química

15/12/2014



Alexandra Aurazo Rodriguez



Edder Neyra Jaico

IP 147028

INFORME DE ENSAYO

C-470-k214-JCFC

Registro N° LE 026-

Pág. 02 de 02

Código de Laboratorio			C-470-01	C-470-02	C-470-03	C-470-04
Código de Cliente			P-1	P-1T	P-2	P-2T
Item de Ensayo			Agua	Agua	Agua	Agua
Fecha de Muestreo			08/12/2014	08/12/2014	08/12/2014	08/12/2014
Hora de Muestreo			04:00	04:07	04:00	04:15
Parámetro	Símbolo	Unidad				
Metales Totales por ICP						
Aluminio	Al	mg/L	0.318	0.204	0.237	0.105
Antimonio	Sb	mg/L	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667	< 0.00667
Arsénico	As	mg/L	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133	< 0.0133
Bario	Ba	mg/L	< 0.0000358	< 0.0000358	< 0.0000358	< 0.0000358
Berilio	Be	mg/L	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481	< 0.0000481
Boro	B	mg/L	0.032	0.055	0.027	0.035
Cadmio	Cd	mg/L	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145	< 0.000145
Calcio	Ca	mg/L	176.136	79.106	243.658	91.836
Cerio	Ce	mg/L	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451	< 0.00451
Cobalto	Co	mg/L	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148	< 0.000148
Cobre	Cu	mg/L	0.011	0.011	0.012	0.013
Cromo	Cr	mg/L	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296	< 0.0000296
Estaño	Sn	mg/L	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391	< 0.00391
Estroncio	Sr	mg/L	< 0.0000419	< 0.0000419	< 0.0000419	< 0.0000419
Fósforo	P	mg/L	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481	< 0.00481
Hierro	Fe	mg/L	0.514	0.351	0.236	0.185
Litio	Li	mg/L	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669	< 0.0000669
Magnesio	Mg	mg/L	16.636	17.15	24.512	22.022
Manganeso	Mn	mg/L	0.048	0.005	0.024	0.006
Mercurio	Hg	mg/L	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326	< 0.0000326
Molibdeno	Mo	mg/L	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495	< 0.000495
Niquel	Ni	mg/L	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316	< 0.000316
Plata	Ag	mg/L	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155	< 0.00155
Plomo	Pb	mg/L	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158	< 0.00158
Potasio	K	mg/L	11.745	11.243	14.483	12.825
Selenio	Se	mg/L	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163	< 0.0163
Silicio*	Si	mg/L	13.185	13.598	15.782	15.493
Sodio	Na	mg/L	3.382	3.616	3.09	3.66
Talio	Tl	mg/L	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549	< 0.00549
Titanio	Ti	mg/L	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104	< 0.000104
Vanadio	V	mg/L	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724	< 0.000724
Zinc	Zn	mg/L	0.045	0.03	0.047	0.03

(*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el Indecopi-SNA.