

Determinación de la calidad del agua del manantial del fundo San Bernardo del distrito de Chiguata para consumo humano

Determination of the quality of spring water from the Saint Bernard district of Chiguata for human consumption

Recibido: agosto 20 de 2019 | Revisado: setiembre 12 de 2019 | Aceptado: noviembre 15 de 2019

LUIS AVIT MEDINA QUISPE¹
MATILDE YUPANQUI MENDOZA¹

RESUMEN

Evalúamos la calidad del agua de manantial del fundo San Bernardo de Chiguata para determinar si podría ser utilizada para consumo humano. Se realizaron ocho muestreos, durante las cuatro estaciones del año. La toma de muestra fue puntual, según el protocolo de monitoreo de los recursos hídricos de la Autoridad Nacional del Agua- DGCRH utilizando métodos de ensayos normalizado por la EPA. Se determinaron parámetros físicos, químicos, aniones y cationes, elementos ecotóxicos y parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales). Los resultados fueron comparados con el DSN°031-2010 y la NTP 214.024-1988 (revisada y actualizada Resolución Directoral N° 031-2017-INACAL/DN (2017-09-05). Se concluyó que la dureza total, sólidos disueltos y la conductividad eléctrica, los iones As^{3+} , F^- , Cl^- y el boro; presentan valores que exceden a lo indicado en la norma. Según Rigola esta agua subterránea es muy dura, pertenece a una clase de tipo mineral por el grado de mineralización según el residuo seco a 180 °C.

Palabras clave: manantial, calidad del agua, mineralización

ABSTRACT

In the present work the quality of the spring water of the San Bernardo de Chiguata farm was evaluated to determine if it could be used for human consumption. Eight samples were taken during the four seasons of the year. The sampling was timely, according to the water resources monitoring protocol of the National Water Authority-DGCRH using EPA standardized test methods. Were determined Physical and Chemical, anion and cation parameters, eco-toxic elements and microbiological parameters (total and fecal coliforms). The results were compared with DSN ° 031-2010 and NTP 214.024-1988 (revised and updated Directive Resolution No. 031- 2017-INACAL / DN (2017-09-05). It was concluded that total hardness, dissolved solids and electrical conductivity, As^{3+} , F^- , Cl^- and boron ions; they present values that exceed what is indicated in the standard. According to Rigola, this groundwater is very hard, it belongs to a class of mineral type, due to the degree of mineralization, according to the dry residue at 180 °C.

Key words: spring, water quality, mineralization

¹ Departamento Académico de Química. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Perú
myupanqui1@unsa.edu.pe

© Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Campus de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres. Este artículo se distribuye en los términos de la Licencia Creative Commons Atribución No-comercial – Compartir-Igual 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso no comercial, distribución y reproducción en cualquier medio siempre que la obra original sea debidamente citada. Para uso comercial contactar a: revistacampus@usmp.pe.

<https://doi.org/10.24265/campus.2020.v25n29.11>

Introducción

El agua dulce es un recurso natural que se debe cuidar y preservar. Este es el caso del agua del fundo San Bernardo ubicado en el distrito de Chiguata el cual es consumida por más de 150 pobladores, directamente sin ningún tratamiento, por esto fue necesario caracterizar esta agua, en vista que no existe ningún reporte de monitoreo medio ambiental que incluya el análisis físico, químico, microbiológico y elementos ecotóxicos, razón por la cual fue de suma necesidad, realizar un estudio que permita determinar la calidad del agua de dicho fundo para darle un correcto uso, que conlleva a cuidar y utilizarla adecuadamente. Sin embargo, existe una gran cantidad de personas que desconocen la importancia de mantener el agua libre de contaminación.

Yupanqui (2006) indica que Teodoro Haenke (1976) realizó los primeros estudios sobre las aguas termales de Yura, y de las aguas minerales subterráneas de Jesús que pertenecen al distrito de Paucarpata y de las aguas minerales de Socosani del distrito de Yura, en la actualidad, es utilizada para bebida; ambas en el departamento de Arequipa. También indica que, en 1827 Mariano de Rivero y Ustaríz, determinó la composición química de las aguas de Yura y los usos de estas aguas con fines curativos. Históricamente, Antonio Raymondi en 1882 publicó estudios de los análisis fisicoquímicos sobre las aguas minerales del Perú, para cuyo fin recorrió casi todo el territorio nacional. (Yupanqui (2006) y Masías (2007) realizaron un estudio geoquímico de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti. Entre ellas, del agua del Ojo del Milagro. Ubicado en el distrito de Characato a 2581 msnm,

el acceso se realiza por la carretera que une la plaza de Characato con el anexo de Yanayaco, un desvío hacia el Ojo del Milagro. Es una fuente conformada por dos manantiales, uno grande y está un poco más alto que el otro, de estas fuentes aflora una gran cantidad de agua para el consumo humano, la agricultura y uso recreacional.

Zúñiga (2013) caracterizó el agua subterránea de la zona del Ojo del Milagro del distrito de Characato-Arequipa en base a los resultados obtenidos, concluyó que el As^{3+} está en una concentración de 0,023 mg/L, el Pb^{2+} en 0,017 mg/L, estos dos parámetros sobrepasan el LMP del DSN°031-2010. Se encontró boro en una concentración de 1,050 mg/L.

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad del agua del manantial del fundo San Bernardo- distrito de Chiguata, utilizada para consumo humano. Para este proceso se establecieron tres estrategias de estudio, en la primera se determinaron los parámetros físicos y químicos del agua del fundo San Bernardo durante las cuatro estaciones (verano, otoño, invierno y primavera del año 2014); en la segunda, se cuantificaron los elementos ecotóxicos arsénico, bario, cadmio, cromo, plomo, mercurio y selenio. Finalmente, se determinaron los parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales. Todos los parámetros antes indicados fueron evaluados de acuerdo a DS N° 031-2010. El agua del fundo San Bernardo actualmente, es utilizada para riego de alfalfa, tunas, tubérculos y bebida de animales; también se usa para el consumo humano, pero sin tener conocimiento de la calidad del agua. Siendo el aporte de

este trabajo establecer una línea base de la composición química y microbiológica del agua del Fundo San Bernardo.

Método

Los análisis se realizaron utilizando los materiales y equipos disponibles en las instalaciones de BHIOS LABORATORIOS. El ámbito de estudio

comprende el Fundo San Bernardo que está situado en el distrito de Chiguata provincia y departamento de Arequipa, en las siguientes coordenadas (GPS) 19k 237513 este, UTM 8184750 norte, con una altura promedio de 2680 ms. n. m. Está ubicado al oeste del distrito de Chiguata a unos 12 Km de la ciudad de Arequipa. Tal como puede observar en el mapa adjunto (Figura1).

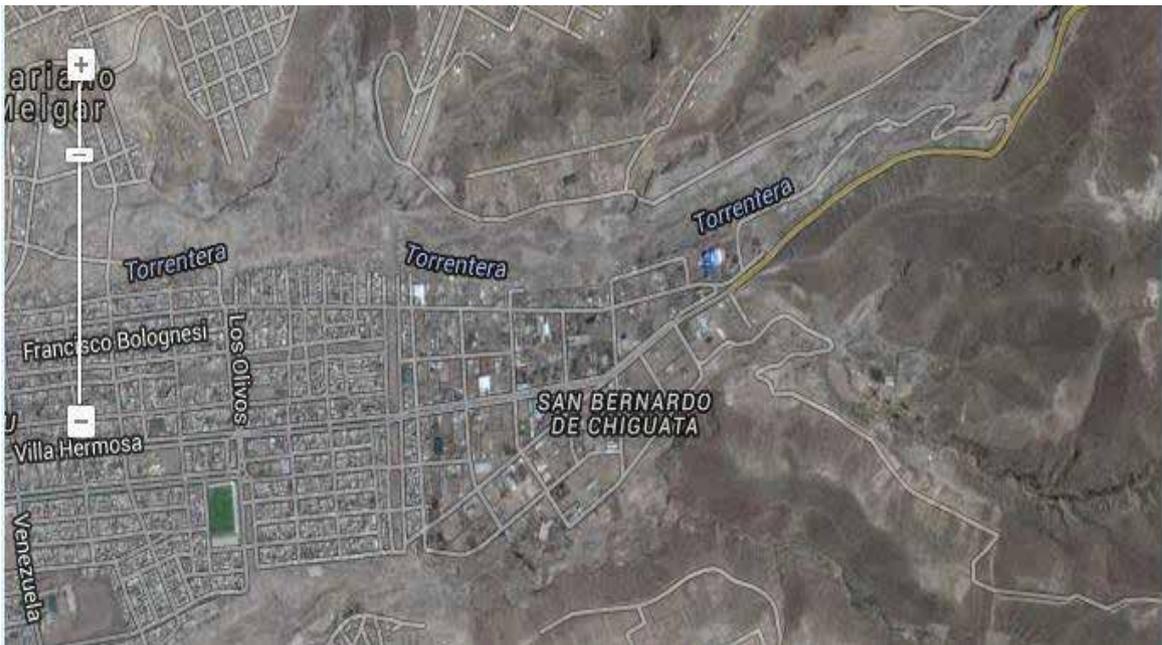


Figura1. Fundo San Bernardo. Fuente: <https://earth.google.es/>

Se realizaron ocho salidas al campo y efectuaron ocho muestreos. Para coleccionar las muestras se utilizaron envases de plástico de 1 L de capacidad debidamente etiquetados, lavados previamente con agua destilada y cebados tres veces con la misma agua en cada muestreo. Se describió las características del entorno a la fuente de agua (presencia de residuos, vegetación acuática, actividades humanas, presencia de animales y otros factores que modifican las características naturales del agua. Se identificó los puntos de muestreo

e ingresó la información en el registro de la cadena custodia de las muestras. El transporte de las mismas fue en cooler hasta su llegada al laboratorio; se tomaron fotografías del punto de monitoreo.

En cuanto a los métodos utilizados, en la Tabla 1 se resumen los métodos analíticos utilizados en la determinación de cada uno de los parámetros analizados en las muestras del agua de manantial del fundo San Bernardo; se siguió el procedimiento: Standard Methods APHA-AWWA-WEF, 2000

Tabla 1

Métodos empleados para el análisis de parámetros del agua del fundo San Bernardo

Parámetros Físicos	Métodos Analíticos-empleados
Temperatura	Instrumental-
Olor	Standard Methods for the examination of water and wastewater Method 2150-B. Thershold Odor Test.
Sabor	Standard Methods for the examination of water and wastewater Method 2160-B. Flavor Thershold Test.
Color	Turbidimétrico
Turbidez	Turbidimétrico
Sólidos disueltos totales	SMWW2540-C
Parámetros Químicos	
pH	Potenciómetro
Conductividad Eléctrica	Conductímetro
Cloruros	SMWW4500Cl-E
Dureza total	NTP 214.018
Parámetros Fisicoquímicos	
Sulfatos	SMWW4500-SO ₄ ²⁻ E
Nitratos	WAH HACH8039
Nitritos	WAH HACH8507
Flúor	WAH HACH8029
Fósforo	WAH HACH8048
Boro	WAH HACH8015
Nitrógeno amoniacal	
Arsénico	
Metales	Absorción Atómica y Análisis por ICP-Masa
Parámetros Microbiológicos	
Bacterias coliformes totales	Microbiológico (NMP/100 mL)
Bacterias coliformes fecales	Microbiológico (NMP/100 mL)

Fuente: BHIOS LABORATORIOS. Protocolo de análisis.2014

Resultados y Discusión

Para evaluar la calidad del agua del manantial del fundo San Bernardo se realizaron ocho muestreos, dos muestreos por estación del año para tener mayor visión de la variabilidad de los parámetros evaluados. Los resultados obtenidos

fueron referenciados a los valores dados en la Norma DSN°031-2010-SA a fin de saber si es apta para consumo humano. En la Tabla 2 se observan los resultados de análisis de campo de las diferentes estaciones del año durante los ocho muestreos del agua de manantial del fundo San Bernardo.

Tabla 2

Resultados de campo del agua de manantial del fundo San Bernardo

Parámetro			
Muestras durante el año 2014	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (uS/cm)
Enero	7,2	21,1	1773
Febrero	7,25	20,0	1778
Marzo	7,3	19,9	1763
Mayo	6,71	16,8	1756
Junio	7,45	20,5	1773
Julio	7,38	20,4	1746
Setiembre	7,06	19,8	1739
Octubre	6,92	17,4	1752

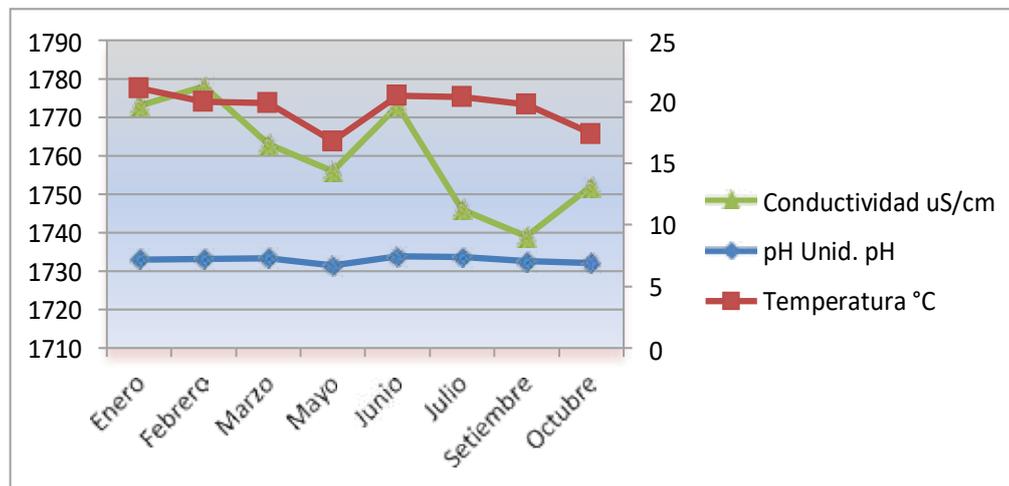


Figura 2. Parámetros de análisis de campo del agua del fundo San Bernardo

Los valores medidos de pH del agua de manantial del fundo San Bernardo durante las cuatro estaciones oscilan entre 6,92 – 7,30 como se muestra en la Figura 2. Estos valores están dentro de los valores dados por la norma del DS 031-2010 SA; la conductividad debe ser menor a 1500 uS/cm, pero en la fuente estudiada sobrepasó este límite en todas las estaciones, dando valores de 1778 uS/cm como máximo para el muestreo de febrero del 2014 y como mínimo 1739 uS/cm para el muestreo de setiembre 2014.

En la Tabla 3 y Figura 3, se observan que el agua del fundo San Bernardo se encuentra libre de olores y sabores extraños. La EPA y la OMS recomiendan que las fuentes de abastecimiento de agua de consumo humano deban ser razonablemente exentas de olor y de sabor aceptable. La OMS recomienda como máximo para el color 15 unidades de color. La fuente estudiada resultó con valores de cinco unidades de color que están por debajo de la norma. En cuanto a la turbidez durante las estaciones del año 2014, los valores obtenidos oscilan entre

0,90 y 0,25 UNT. Los valores logrados de sólidos disueltos oscilan entre 1167 a 1120 mg/L de SDT que sobrepasan el

límite máximo permisible de 1000 mg/L dado por la norma DS N° 031-2010.

Tabla 3

Resultados de parámetros físicos del agua de manantial del fundo San Bernardo en laboratorio

PARÁMETROS MESES	Temp. °C	pH	C.E. mg/L	Sólidos disueltos totales mg/L	Turbidez UNT	Color UVC escala pt/Co	Sólidos suspendidos totales mg/L	Sólidos totales mg/L
Enero -verano	21,1	7,20	1773	1167	0,88	5	1	1168
Febrero- verano	20,0	7,25	1778	1165	0,90	5	1	1166
Marzo- otoño	19,9	7,30	1763	1162	0,86	5	1	1163
Mayo-otoño	16,8	6,71	1756	1162	0,82	5	1	1163
Junio-invierno	20,5	7,45	1773	1158	0,70	5	1	1159
Julio-invierno	20,4	7,38	1746	1147	0,52	5	1	1148
Setiembre -primavera	19,8	7,06	1739	1153	0,26	5	1	1154
Octubre- primavera	17,4	6,92	1752	1120	0,25	5	1	1121

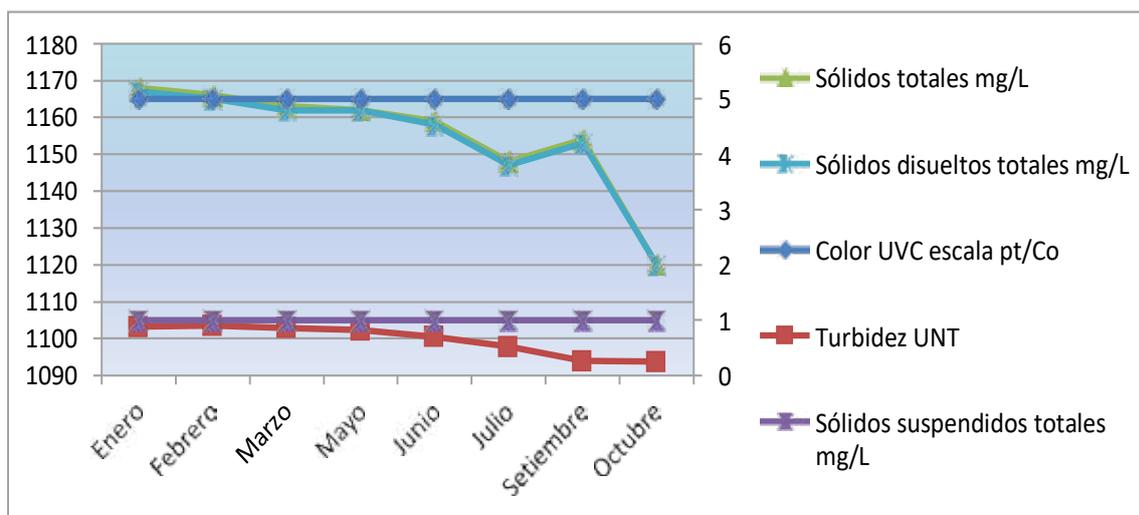


Figura 3. Análisis de parámetros físicos del agua de manantial del fundo San Bernardo

En la Tabla y Figura 4, se observan que la alcalinidad total se mantiene en valores menores a 500 mg/L de CaCO₃, acorde al Reglamento de la Calidad del agua para consumo Humano DSN°031-2010. En la mayoría de las muestras la dureza fue mayor de 500 mg/L de CaCO₃; sin embargo, en los meses de julio, agosto y octubre fue de 493,11

mg/L de CaCO₃, 492,39 mg/L, 491,39 mg/L respectivamente; la dureza total es aproximadamente igual a la suma de la dureza producida por los iones calcio y magnesio. Los cloruros se encuentran por encima de 250 mg/L, del valor dado por la norma, en todas las muestras del año 2014.

Tabla 4

Resultados de análisis químico del agua de manantial del fundo San Bernardo

Muestras Parámetro	Estación de verano 2014		Estación de otoño 2014		Estación de invierno 2014		Estación de primavera 2014	
	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio	Setiembre	Octubre
Alcalinidad total mg/L CaCO ₃	366,24	365,42	372,13	350,45	354,71	357,79	378,96	377,73
Carbonatos mg/L CaCO ₃	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Bicarbonatos mg/L CaCO ₃	456,22	458,62	464,64	456,24	446,37	436,50	462,33	460,82
Cloruros mg/L Cl ⁻	311,1	310,32	307,64	302,52	297,09	298,47	284,36	281,36
Dureza mg/L CaCO ₃	524,26	526,64	523,48	514,59	521,00	493,11	492,39	491,39

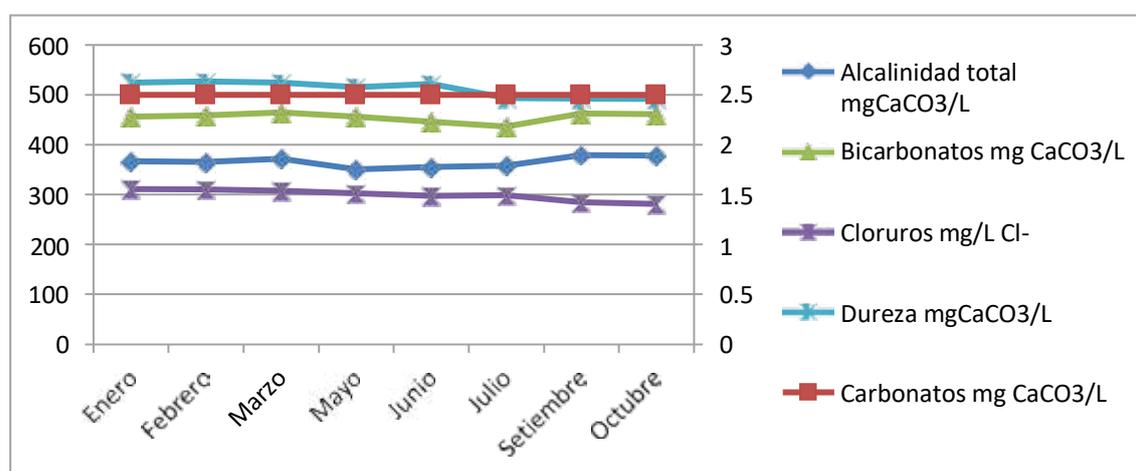


Figura 4. Análisis químico del agua de manantial del fundo San Bernardo

En la Tabla y Figura 5 se observan que el sulfato se encuentra dentro los límites máximos permisibles. La OMS y el DS N° 031-2010 recomiendan que los aniones sulfato no excedan a 250 mg/L en aguas destinadas al consumo humano. Este valor está destinado a evitar la probable corrosividad del agua. El contenido detectado del anión F⁻ fue de 1,09 mg/L para febrero y 1,07 mg/L para julio. Se mantiene casi constante el anión F⁻, pero para el mes de setiembre y octubre se obtuvieron los valores de 0,29 y 0,39 mg/L respectivamente. Según el reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031- 2010, los valores son 1,0 mg/L.

Según los resultados obtenidos, se observó que, para la estación de verano, otoño e invierno el anión F⁻ sobrepasa ligeramente el límite máximo permisible, pero en primavera disminuye el anión F⁻ a un promedio de 0,34 mg/L. Mientras que la norma europea y la Organización Panamericana de la Salud, recomiendan un límite máximo permisible para agua de consumo humano de 1,5 mg/L. De acuerdo a estas normas, el agua del fundo San Bernardo estaría apta para el consumo humano.

Respecto al PO₄³⁻ se obtuvo 1,16 mg/L en el mes de setiembre como valor máximo

y en el mes de julio 1,00 mg/L como valor mínimo. El reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010 no establece un límite máximo permisible para este parámetro. Según los estándares nacionales de calidad ambiental para agua, categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales) establece un límite máximo permisible de 3.06 mg/L de anión PO_4^{3-} .

El NO_2^- se detectó en febrero una concentración de 0,006 mg/L y 0,002 mg/L de en octubre como mínimo. En comparación a las aguas subterráneas de

La Joya (Arequipa), estas contienen un alto índice de anión NO_2^- , este comentario es, en base a la experiencia adquirida en el laboratorio (BHIOS LABORATORIOS S.R.L). Por lo general, todas las aguas subterráneas naturales contienen concentraciones bajas de anión NO_2^- . El reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N°031-2010 establece un límite máximo permisible para el anión NO_2^- de 3,00 mg/L exposición corta y de 0,20 mg/L de ion NO_2^- para exposición larga. En el agua del fundo San Bernardo los valores detectados son muy bajos.

Tabla 5

Resultados del análisis fisicoquímico del agua de manantial del fundo San Bernardo

Parámetro	Estación de verano 2014		Estación de otoño 2014		Estación de invierno 2014		Estación de primavera 2014	
	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio	Setiembre	Octubre
Sulfatos, $SO_4^{=}$ mg/L	144,1	146,45	145,10	142,90	144,11	132,48	122,09	133,44
Fluoruros, F^- mg/L	1,04	1,09	1,02	1,03	1,06	1,07	0,29	0,39
Fosfatos, PO_4^{3-} mg/L	1,11	1,13	1,10	1,01	1,03	1,00	1,16	1,06
Nitratos NO_3^- mg/L	0,6	0,7	0,5	0,6	0,3	0,6	0,7	0,7
Nitritos, NO_2^- mg/L	0,005	0,006	0,004	0,005	0,004	0,002	0,004	0,002
Boro, B mg/L	5,1	5,4	4,9	5,3	4,7	5,0	6,0	5,4
Dióxido de silicio(SiO_2) mg/L	28,22	29,48	27,78	25,68	24,68	23,78	21,50	14,55
NH_3-H , amoniac mg/L	0,07	0,08	0,05	0,06	0,07	ND*	0,04	ND

ND* = No Detectado

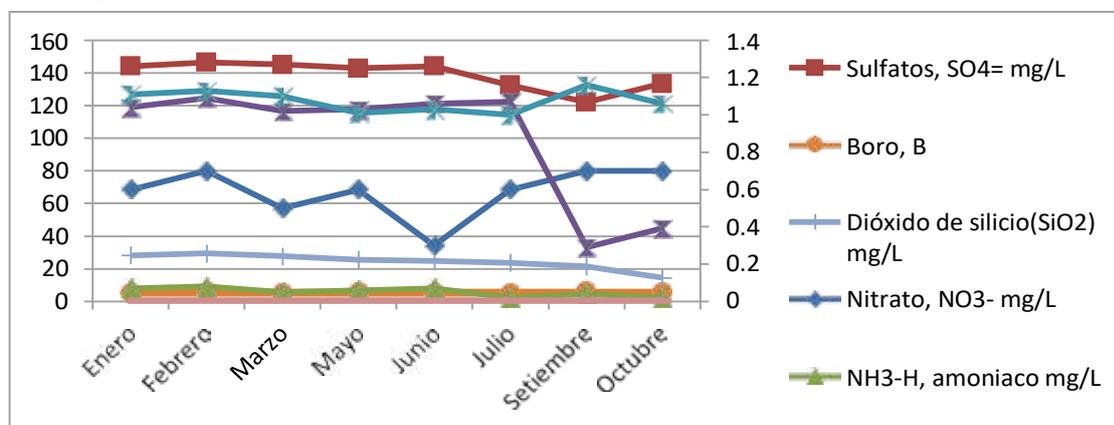


Figura 5. Análisis fisicoquímico del agua de manantial del fundo San Bernardo

En cuanto al amoníaco, la fuente estudiada registró valores mínimos para los meses de enero, febrero, marzo, mayo, junio y setiembre mientras que para julio y octubre no fue detectado. El DSN°031-2010 recomienda un límite máximo permisible para agua de consumo humano de 1,5 mg/L de NH₃.

En la Tabla y Figura 5, se encontró 6 mg/L de boro en el mes de setiembre como máximo y 4,7 mg/L en junio como mínimo. El reglamento de la calidad del agua para consumo humano DSN°031-2010 establece como límite máximo permisible de 1,5 mg/L de boro. El agua del fundo San Bernardo excede los estándares de calidad para el agua de consumo humano, en todas las estaciones del año 2014. La OMS ha establecido como valor guía para aguas de consumo 0,3 mg/L, mientras en Canadá considera 5 mg/L como concentración máxima aceptable, y para aguas minerales de bebida la NTP fija una concentración máxima permisible de 30 mg/L H₃BO₃ (21,3 mg/L HBO₂).

En la Tabla y Figura 6 se puede observar que la concentración máxima del Ca²⁺ fue de 111,12 mg/L en el mes de febrero y 95,78 mg/L para el mes de julio como mínimo. En cuanto al catión magnesio se obtuvo 61,66 mg/L de Mg²⁺ en julio como máximo y 58,28 mg/L de Mg²⁺ como mínimo en setiembre. Las aguas dulces suelen contener de 10 a 250 mg/L de Ca²⁺, o incluso 600 mg/L

de catión Ca²⁺, el agua de mar contiene 400 mg/L de Ca²⁺, mientras que en terrenos yesíferos pueden llegar a 600 mg/L de catión Ca²⁺. Rigola (1999). En la fuente en estudio la concentración de catión Ca²⁺ fue constante en los cinco muestreos del año 2014 (enero, febrero, marzo, mayo, junio,) y disminuye en 10 mg/L para el mes de julio. El reglamento de la calidad del agua para consumo humano DS N° 031-2010 no establece el límite máximo permisible para los cationes Ca²⁺ y Mg²⁺.

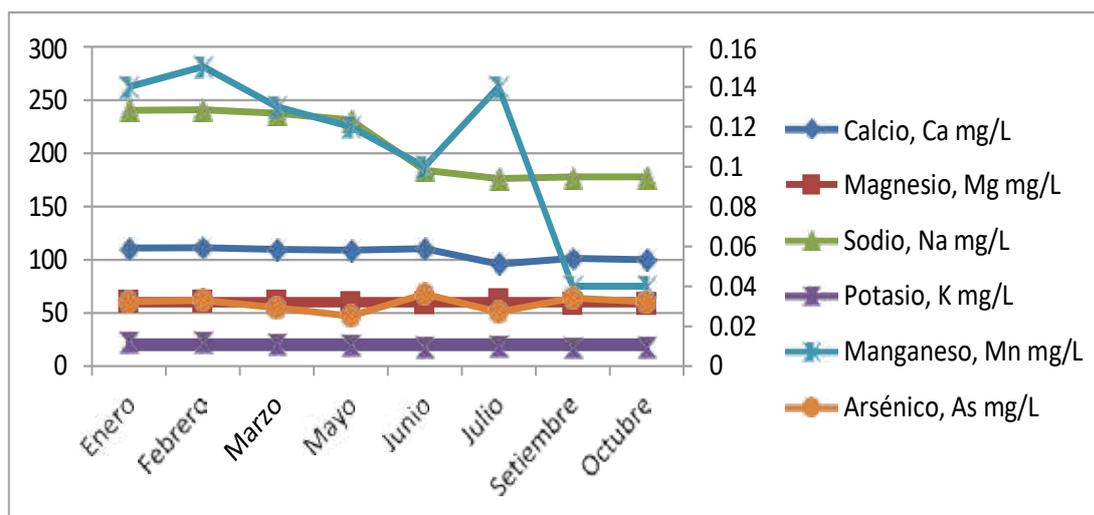
En cuanto a los cationes, sodio y potasio se obtuvo 240,64 mg/L de Na⁺ como máximo en el mes de febrero y 177,27 mg/L como mínimo en el mes de setiembre, este catión se encontró en mayor cantidad. Respecto al K⁺ se encontró 22,82 mg/L de como máximo en el mes de febrero y 17,26 mg/L de como mínimo en el mes de setiembre. La concentración del Na⁺ en aguas naturales es muy variable, pudiendo alcanzar hasta 120,000 mg/L en zonas evaporíticas; sin embargo, en aguas dulces normales, raramente sobrepasa 100 o 150 mg/L, Rigola, (1999). Respecto al arsénico, este es muy dañino para la salud humana, en el estudio del agua del fundo San Bernardo se encontró en los rangos de 0,25 a 0,36 mg/L sobrepasando los estándares de calidad del agua del DS N° 004- 2017-MINAN y DSN°031-2010 que fijaron como valor máximo de 0,010 mg/L.

Tabla 6

Resultados de análisis de metales por absorción atómica del agua de manantial del fundo San Bernardo

Muestras Parámetro	Estación de verano 2014		Estación de otoño 2014		Estación de invierno 2014		Estación de primavera 2014	
	Enero	Febrero	Marzo	Mayo	Junio	Julio	Setiembre	Octubre
Calcio, Ca mg/L	110,86	111,12	109,26	108,57	110,51	95,78	101,08	99,81
Magnesio, Mg mg/L	60,52	60,47	60,86	59,05	59,49	61,66	58,28	58,81
Sodio, Na mg/L	240,22	240,64	237,10	230,85	183,88	175,99	177,27	177,54
Potasio, K mg/L	22,6	22,82	21,10	20,22	18,54	18,84	17,26	18,18
Manganeso, Mn mg/L	0,14	0,15	0,13	0,12	0,10	0,14	0,04	0,04
Arsénico, As mg/L	0,032	0,033	0,029	0,025	0,036	0,027	0,034	0,032

Figura 6. Parámetros químicos del agua del fundo San Bernardo



Los elementos ecotóxicos Cu, Pb, Fe, Mn por el método de absorción atómica dieron valores muy bajos en todas las muestras considerando que en el mes de octubre la concentración de los metales

fue mayor en tres muestras. Razón por la cual, se hizo una corrida de ellas por ICP-MS (espectrofotometría de emisión plasma acoplado inductivamente a masas, Tabla 7).

Tabla 7
Elementos ecotóxicos por ICP-masas

ESTACIÓN DE PRIMAVERA (MES DE OCTUBRE 28-10-2014)				
PARÁMETRO Y UNIDAD	Límite de detección	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
	0,00200	<0,00200	<0,00200	<0,00200
Aluminio, Al -mg/L *	0,00400	0,01800	0,01900	0,02200
Arsénico, As -mg/L *	0,00400	0,03200	0,04100	0,03900
Boro, B- mg/L *	0,00200	5,18700	5,24100	5,27800
Bario, Ba- mg/L *	0,00050	0,06110	0,06060	0,06090
Berilio , Be- mg/L	0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002
Bismuto, Bi -mg/L	0,00200	<0,00200	<0,00200	<0,00200
Calcio, Ca -mg/L *	0,02000	94,90000	93,70000	94,40000
Cadmio, Cd -mg/L	0,00030	<0,00030	<0,00030	<0,00030
Cobalto, Co -mg/L	0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070
Cromo, Cr -mg/L	0,00080	<0,00080	<0,00080	<0,00080
Cobre, Cu - mg/L **	0,00200	<0,00200	<0,00200	<0,00200
Hierro, Fe -mg/L **	0,00600	<0,00600	<0,00600	<0,00600
Potasio, K -mg/L *	0,05000	24,47000	24,39000	24,42000
Litio, Li -mg/L *	0,00800	0,39400	0,39500	0,39600
Magnesio, -Mg mg/L *	0,00800	58,54800	58,00000	58,07000
Manganeso,- Mn mg/L **	0,00300	0,05100	0,05300	0,05100
Molibdeno, Mo- mg/L	0,00090	<0,00090	<0,00090	<0,00090
Sodio, Na -mg/L *	0,02000	145,05000	147,31000	150,97000
Níquel, Ni -mg/L	0,00200	0,04100	0,04200	0,04000
Fósforo, P -mg/L	0,00300	0,22800	0,21400	0,22700
Plomo, Pb -mg/L **	0,00400	<0,00400	<0,00400	<0,00400
Antimonio, Sb -mg/L	0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300
Selenio, Se -mg/L	0,00600	<0,00600	<0,00600	<0,00600
Silicio, Si -mg/L *	0,00400	41,05000	40,50000	40,58200
Estaño, Sn -mg/L	0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070
Estroncio, Sr -mg/L	0,00050	1,05290	1,04830	1,04730
Titanio, Ti -mg/L	0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070
Talio, Tl -mg/L	0,00300	<0,00300	<0,00300	<0,00300
Vanadio, V -mg/L	0,00200	0,01000	0,00900	0,01000
Zinc , Zn -mg/L	0,00070	<0,00070	<0,00070	<0,00070

En la Tabla 7 se realizó una corrida de tres muestras, del mes de octubre por el método ICP-MS (espectrofotometría de emisión plasma acoplado inductivamente a masas). Se observó que los elementos ecotóxicos Cu, Pb, Fe, Mn, (**) también

presentaron valores bajos, casi similares a los valores obtenidos por el método de absorción atómica. Mientras que los elementos: Al, As, B, Ca, K, Mg, Na, Si, (*) presentaron valores significativos. Medina, L. (2015).

En la Tabla 8 de análisis microbiológico y su evaluación del agua del manantial del fundo San Bernardo, se observó que en el recuento de Microorganismos Heterótrofos (UFC/mL) se encontró 980, y la norma indica 500 como límite máximo permisible; por tanto, no cumple, para el uso de bebida de consumo humano. En

el muestro se encontró algas verdes, en gran cantidad, que son frecuentes en los reservorios de agua. Quinteros-Herrera (2009). En cuanto a Numeración de Coliformes totales se obtuvo 240 NMP/100 mL y de Escherichia coli 240 NMP/100 mL, ambos valores se encuentran que no cumplen con los requisitos de la norma.

Tabla 8

Análisis microbiológico y su evaluación

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	PERMISIBLE	EVALUACIÓN	PERMISIBLE	EVALUACIÓN	PERMISIBLE	EVALUACIÓN
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección (A1)		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional (A2)		Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado (A3)	
Bacterias Coliformes Totales (NMP/100mL)	240	50	No Cumple	--	--	--	--
Recuento de Microorganismos Heterótrofos (UFC/mL)	980	500	No Cumple	--	--	--	--
Bacterias Coliformes Termo-Tolerantes o Fecales (NMP/100 L) a 44°C	240	20	No Cumple	2000	Cumple	20000	Cumple

- TaUFC/mL: Unidades formadoras de colonias por mililitro de muestra
- NMP/100mL: Número más probable por 100 mililitros de muestra

Conclusiones

Se determinaron los parámetros físicos, químicos, aniones y cationes: La concentración de hidrógeno estuvo entre 6,71 a 7,45, la conductividad eléctrica entre 1778 μ S/cm y 1739 μ S/cm en setiembre. La dureza total entre 526,64 mg/L y 491,39 mg/L. Los aniones: Cl⁻, F⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, presentaron una concentración mayor en verano y menor en primavera. La concentración de aniones: NO₃⁻, PO₄³⁻ fue mayor en verano y menor en invierno. La concentración de cationes: Na⁺, K⁺, Ca²⁺ fue mayor en verano y menor en invierno. Mientras que el catión Mg²⁺

estuvo en 61,66 mg/L en julio y 58,28 mg/L en setiembre. Se establecieron los elementos ecoecotóxicos (arsénico, bario, boro, cadmio, cromo, plomo, mercurio, selenio y anión cianuro). El catión As³⁺ presentó una concentración de 0,036 mg/L en junio y 0,025 mg/L de ion As³⁺ en mayo. Los elementos ecotóxicos: Cr, Pb, Hg, Mo y CN⁻ no fueron detectados. El catión Mn²⁺ estuvo entre los valores dados por la norma. En cuanto a los parámetros microbiológicos (coliformes totales y fecales). Los resultados fueron comparados con el DS N° 031-2010 y la NTP 214. 024- 1988 (Revisada y publicada No 031-2017 -INACAL /

DN (2017-09-05). Se concluye que el pH está dentro de la norma. La dureza total, sólidos disueltos y la conductividad eléctrica, exceden el LMP del DSN°031-2010. Los iones As^{3+} , F^- , Cl^- y el boro exceden al valor dado en el DSN°031-

2010-SA. Según Rigola esta agua subterránea es muy dura, pertenece a una clase de tipo mineral, por el grado de mineralización, según el residuo seco a 180 °C. Por tanto, podría ser utilizada solo para riego.

Referencias

- Masías, P. (2007). Estudios geoquímicos de las fuentes termales y frías asociadas al volcán Misti. (Tesis de Licenciamiento). UNSA, FCNF (Escuela Profesional de Química), Arequipa, Perú.
- Quinteros, R.-Herrera, V. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas ubicadas en los municipios de la Paz y San Diego, Cesar. Colombia.
- Rigola, M. (1999). Tratamiento de aguas industriales: aguas de procesos y residuales: Barcelona: Alfaomega.
- Yupanqui, E. (2006). Análisis Físicoquímico de Fuentes de Aguas Termo minerales del Callejón de Huaylas. (Magister en química). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Zúñiga. S. (2013). Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica de la Fuente de agua del Ojo del Milagro del distrito de Characato –Arequipa. (Tesis de Licenciamiento). UNSA, FCNF (Escuela Profesional de Química), Arequipa, Perú.

